

SEMINARIO DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL

Administración de Empresas

Este material de autoestudio fue creado en el año 2006 para la asignatura Administración de Empresas del programa Ingeniería Electromecánica y ha sido autorizada su publicación por el (los) autor (es), en el Banco de Objetos Institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.





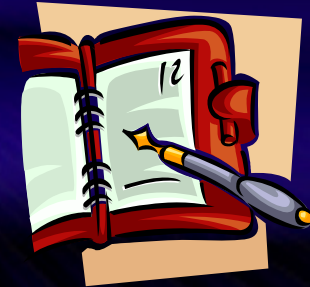
Seminario de Confiabilidad Operacional

Ing. MSc. Oliverio García Palencia
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

EBSA Boyacá
Tunja, 9 y 10 de Febrero 2006

Agenda

- ◆ Introducción
- ◆ Filosofía del Mantenimiento
- ◆ Diez Mejores Prácticas
- ◆ Confiabilidad Operacional
- ◆ Estrategias de la Confiabilidad Operacional
- ◆ Herramientas de la Confiabilidad Operacional
- ◆ Cultura de la Confiabilidad Operacional
- ◆ Gestión del Conocimiento
- ◆ Organizaciones del Conocimiento
- ◆ Conclusiones.



Agenda

MÓDULO 1. FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO

- ◆ Misión del Mantenimiento
- ◆ Postulados del Mantenimiento
- ◆ Eras del Mantenimiento
- ◆ Diez Mejores Prácticas
- ◆ Gestión de Activos Empresariales
- ◆ Estrategias de Mantenimiento Moderno
- ◆ Análisis de Costos del Mantenimiento
- ◆ Índices de Gestión de Mantenimiento
- ◆ Niveles de Medición de la Gestión.

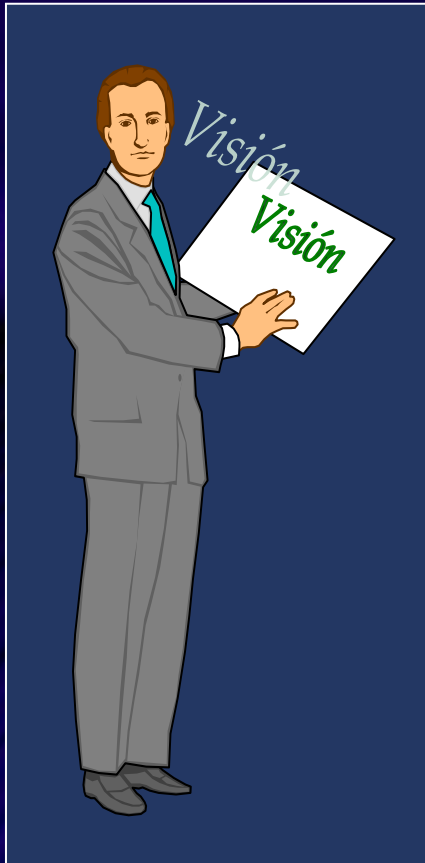
Objetivo

Analizar los principios, conceptos y metodologías inherentes a la Confiabilidad Operacional, considerando su importancia en el ámbito de la Gestión Moderna del mantenimiento y sus mejores prácticas.

Objetivos estratégicos de las operaciones

- Flexibilidad
- Reducción de costes
- Mejora de la calidad
- Seguridad
- Conservación y transferencia de conocimientos
- Responsabilidad medio ambiente
- Educación y Formación

Misión del Mantenimiento



El Mantenimiento Industrial como parte integral de la producción, tiene como propósito garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos industriales mediante programas de prevención de fallas, reparación de daños y mejoramiento continuo, para el logro de sus tres objetivos fundamentales:

- ✦ Disponibilidad de los Activos Fijos
- ✦ Conservación de los Activos Fijos
- ✦ Administración eficaz de los recursos.

Impacto del Mantenimiento

- ✱ CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN
 - ◆ Mejora de la productividad de la planta
 - ◆ Aumento de la capacidad de los equipos
- ✱ COSTOS DE MANUFACTURA
 - ◆ Reducción de tiempos de mantenimiento
 - ◆ Reducción de los tiempos de paradas
- ✱ SEGURIDAD INDUSTRIAL
 - ◆ Reducción de fallas críticas y catastróficas
 - ◆ Mayor seguridad del personal
- ✱ SATISFACCIÓN DE LOS CLIENTES
 - ◆ Cumplimiento de las entregas
 - ◆ Alta Calidad de los Productos.



Elementos del Mantenimiento

- ◆ La Organización
- ◆ El Talento Humano
- ◆ La Disponibilidad de Equipos
- ◆ La Gestión de Materiales
- ◆ El Control de Costos
- ◆ EL Medio Ambiente
- ◆ La Confiabilidad de sus Activos.



Eras del Mantenimiento

PRIMERA GENERACIÓN: Hasta la segunda guerra mundial

SEGUNDA GENERACIÓN: Después de la segunda guerra mundial

TERCERA GENERACIÓN: Desde mediados de los ochenta

CUARTA GENERACIÓN: A partir del nuevo milenio.

Primera Generación

Reparar en caso de
Avería.

Segunda Generación

Mayor disponibilidad
de planta.
Mayor vida útil de los
Equipos.
Más bajos costos.

Tercera Generación

Mayor disponibilidad y
Confiabilidad.
Mayor Costo -Efectividad.
Mayor seguridad.
No deteriorar el medio ambiente.
Mejor calidad de los productos.
Mayor duración de los equipos.

Cuarta Generación del Mantenimiento

- ◆ Gerencia de Activos (AM)
- ◆ Confiabilidad Integral del Activo
- ◆ Mantenimiento Basado en el Negocio (BBM)
- ◆ Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)
- ◆ Análisis de Incertidumbre (RBI)
- ◆ Prevención del Mantenimiento (MP)
- ◆ Optimización Costo-Riesgo-Beneficio
- ◆ Análisis del Costo del Ciclo de Vida (LCC)
- ◆ Modelos Mixtos de Confiabilidad (RMM)
- ◆ Optimización Integral del Mantenimiento (MIO).

Diez Mejores Prácticas

- Trabajo en Equipo
- Contratistas Enfocados a la Productividad
- Integración con Proveedores
- Apoyo y Visión Gerencial
- Planificación y Programación Proactiva
- Mejoramiento Continuo
- Gestión Disciplinada de Materiales
- Integración de los Sistemas
- Gerencia de Paradas de Plantas
- Producción Basada en Confiabilidad.



10 Mejores Prácticas

Dinámica Organizacional

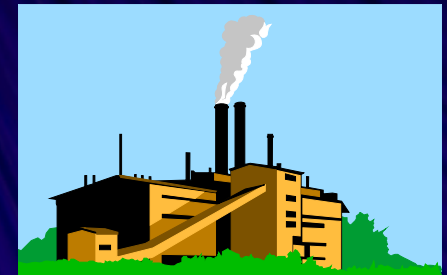
- ✦ Organización basada en equipos de trabajo
- ✦ Contratistas orientados a la productividad
- ✦ Integración con proveedores de materiales y servicios
- ✦ Apoyo y Visión Gerencial.

Procesos de Trabajo

- ✦ Planificación y programación proactiva
- ✦ Mejoramiento Continuo
- ✦ Gestión disciplinada de procura de materiales
- ✦ Integración de procesos y sistemas.

Gerencia de Activos

- ✦ Gestión de Paradas de Plantas
- ✦ Producción Basada en Confiabilidad.



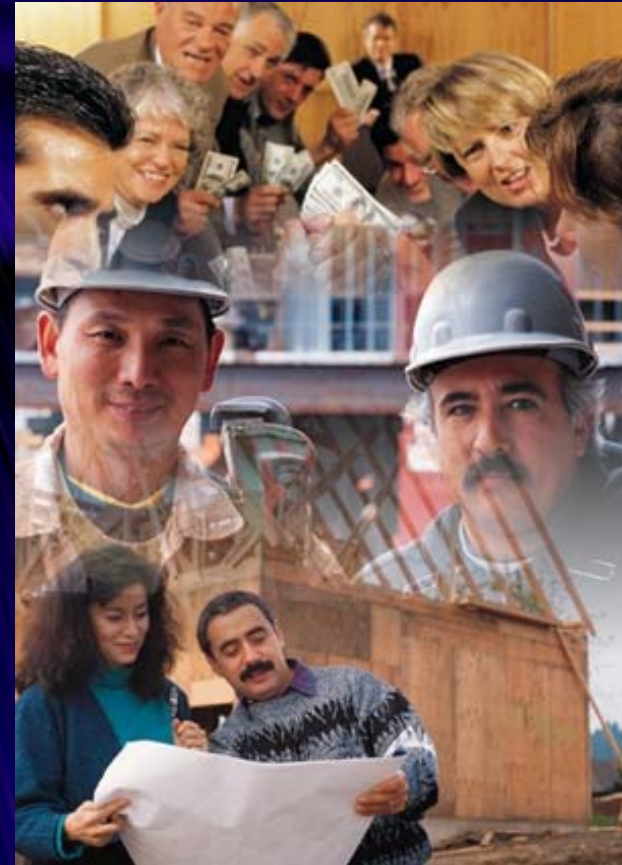
Organización Basada en Equipos

- ◆ Unidades básicas de negocio
- ◆ Objetos alineados entre el equipo de trabajo e individuales
- ◆ Auditoria, responsabilidad y credibilidad
- ◆ Incentivos por competencia y desempeño
- ◆ Apoyo del operador al mantenimiento
- ◆ Centros de soporte tecnológicos
- ◆ Adiestramiento basado en equipos de trabajo.



Contratistas Orientados a la Productividad

- Pagos de contratos por productividad
- Visión de socio estratégico
- Contratación con alcances y planes bien definidos
- Control de gestión formal
- Base de datos consolidada de proveedores y contratistas.

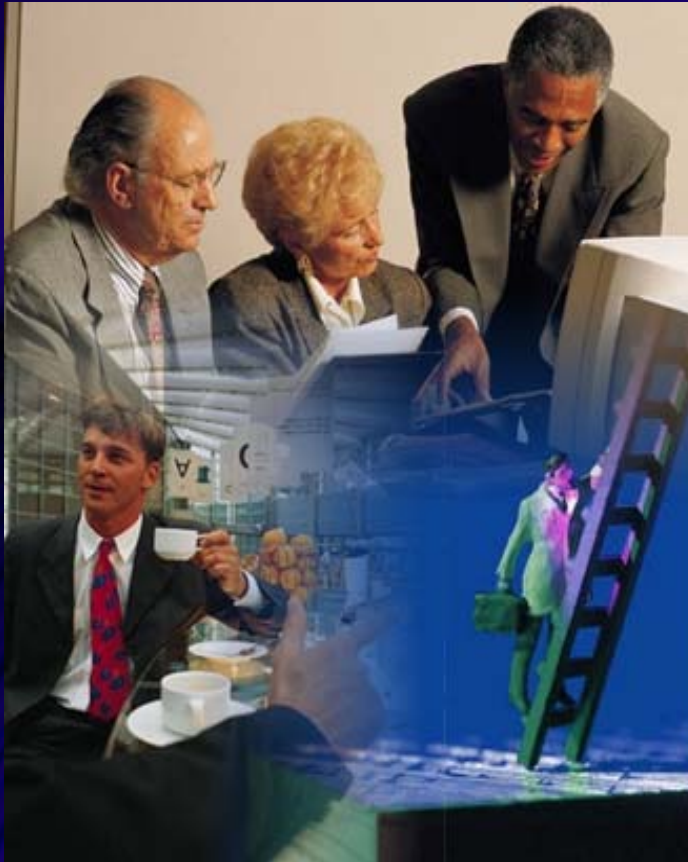


Integración con Proveedores



- ◆ Programas de mejoramiento continuo
- ◆ Proveedor gerencia el inventario
- ◆ Evaluación, control de gestión formal
- ◆ Procedimientos certificados de los procesos (ISO 9000)
- ◆ Transferencia tecnológica
- ◆ Base consolidada de proveedores.

Apoyo y Visión Gerencial



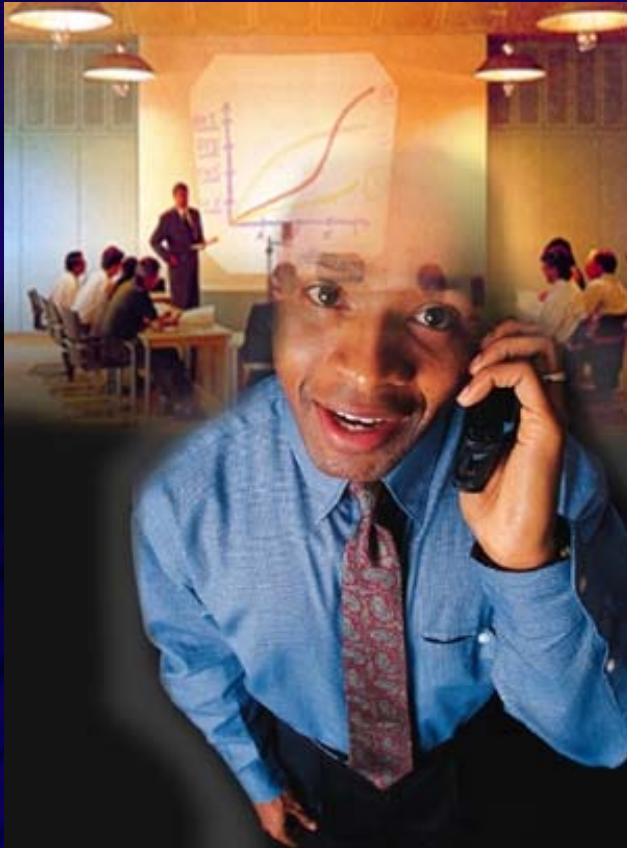
- ◆ Involucramiento activo, visible y permanente
- ◆ Incentivar y facilitar el "benchmarking"
- ◆ Desarrollar y apoyar planes a corto, mediano y largo plazo en las áreas de ingeniería y confiabilidad, alineados con los objetivos del negocio.

Planificación y Programación Proactiva



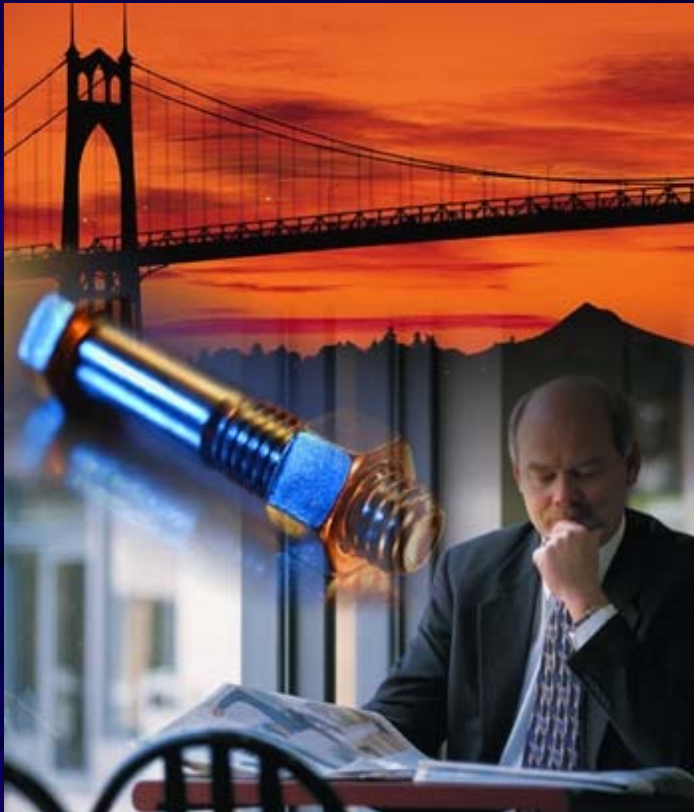
- ◆ Gerenciar las actividades en función del impacto total sobre el negocio
- ◆ Planificar y programar las actividades con el uso de contadores múltiples
- ◆ Orientación de los planes basados en maximizar la productividad de las instalaciones.

Mejoramiento Continuo



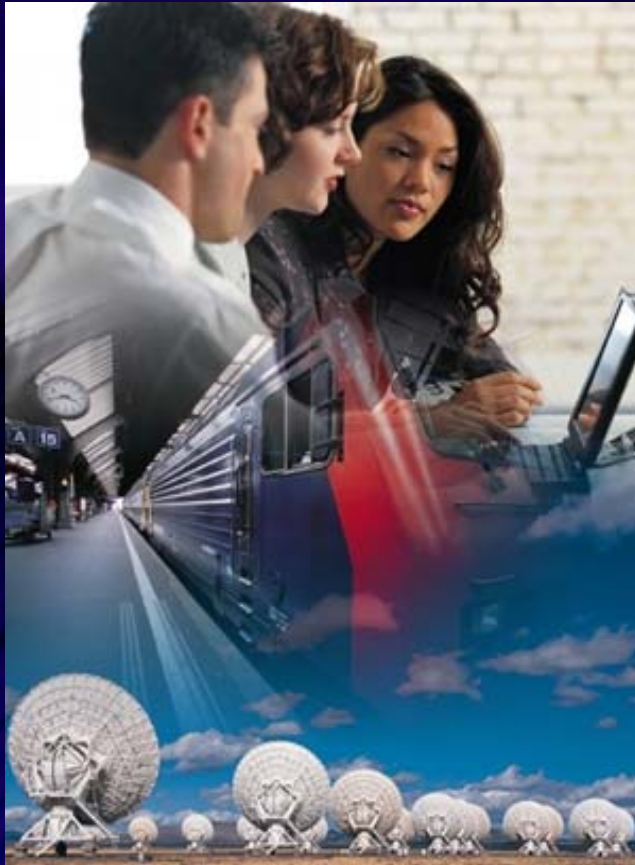
- ◆ Equipos de trabajo formales y permanentes
- ◆ Adiestramiento orientado en las necesidades del negocio
- ◆ Amplia difusión de los logros
- ◆ Publicación de los indicadores de gestión
- ◆ Procesos continuos de Benchmarking
- ◆ Reconocimiento a los empleados.

Gestión Disciplinada de Materiales



- ◆ Procesos de procura de documentos y certificados con ampliación a nivel corporativo
- ◆ Acuerdos y convenios previos de precios
- ◆ Convenios homologados a largo plazo
- ◆ Uso de sistemas y tecnologías de los proveedores.

Integración de Sistemas



- ◆ Integración de las actividades funcionales de los procesos
- ◆ Gerencia en función de la confiabilidad de los equipos
- ◆ Captura y registro total de la información
- ◆ Uso adecuado de Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS).

Paradas de Planta



- ◆ Liderazgo profesional en gerencia de proyectos
- ◆ Planificación con 12 a 18 meses de anticipación a la parada
- ◆ Ingeniería de confiabilidad como factor importante de la programación
- ◆ Énfasis en extender el tiempo entre paradas
- ◆ Adiestramiento intensivo en paradas
- ◆ Prioridad en seguridad, ambiente e higiene industrial.

Producción Basada en Confiabilidad

- ◆ Equipos formales de Confiabilidad
- ◆ Disponer de sistemas de clasificación y Jerarquización de Activos
- ◆ Cumplimiento del 100% de las actividades de Mantenimiento Planificado
- ◆ Diseñar los planes de Mantenimiento mediante la metodología del FMEA
- ◆ Procesos formales de Análisis Causa Raíz
- ◆ Toma de decisiones basadas en riesgo, y uso de herramientas como árboles de falla, Inspección Basada en Riesgo, entre otras.
- ◆ Auditorias regulares de Mantenimiento y Confiabilidad.



Factores del Cambio Organizacional



Fuente: Ivancevich,
J.

Principios del Proceso de Cambio

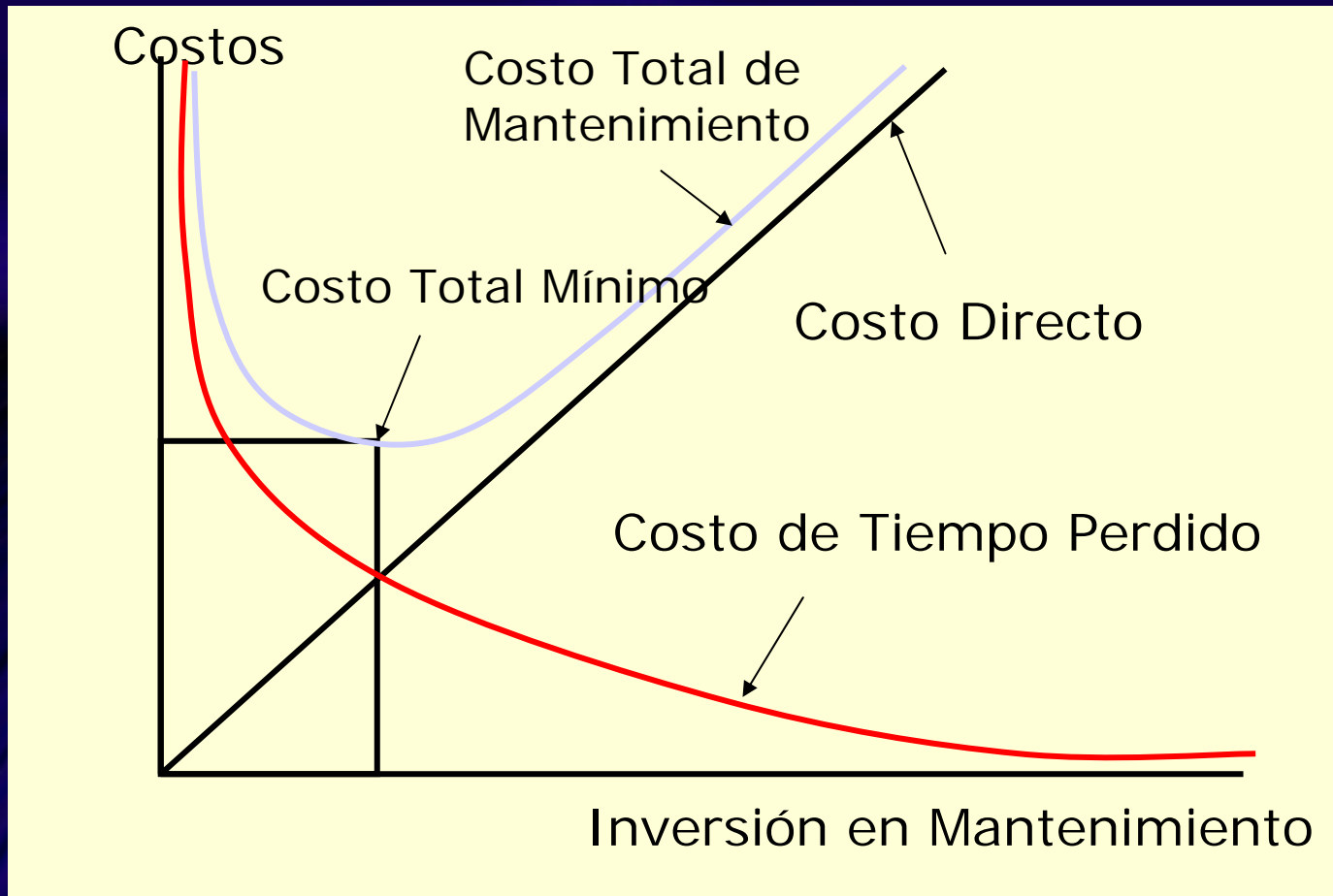
- ◆ Creer que el cambio es importante y valioso
- ◆ Tener una visión que describa el estado deseado
- ◆ Identificar las barreras reales y potenciales
- ◆ Implementar estrategias para alcanzar la visión
- ◆ Liderar el proceso con las personas aceptadas
- ◆ Medir los resultados con sistemas de evaluación
- ◆ Entrenar para corregir comportamientos no deseados
- ◆ Establecer sistemas de reconocimiento y recompensas.

Claves de la Competitividad

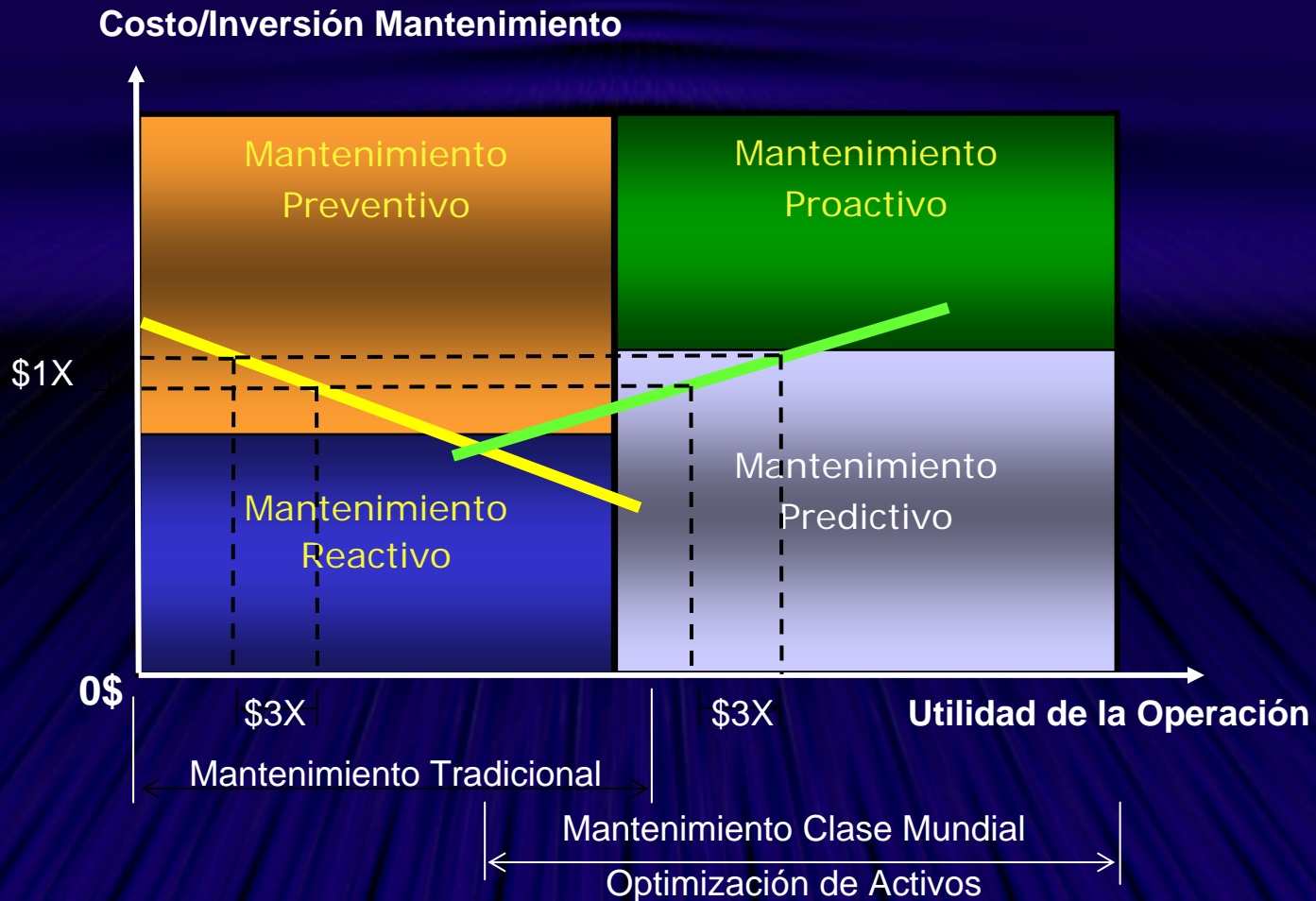
- ◆ Flexibilidad y adaptación al cambio
- ◆ Liderazgo efectivo
- ◆ Ruptura de paradigmas
- ◆ Innovación
- ◆ Visión
- ◆ Estrategia.



Costos del Mantenimiento



Costos vs. Utilidades



Categoría de Clase Mundial



Empresas de Clase Mundial

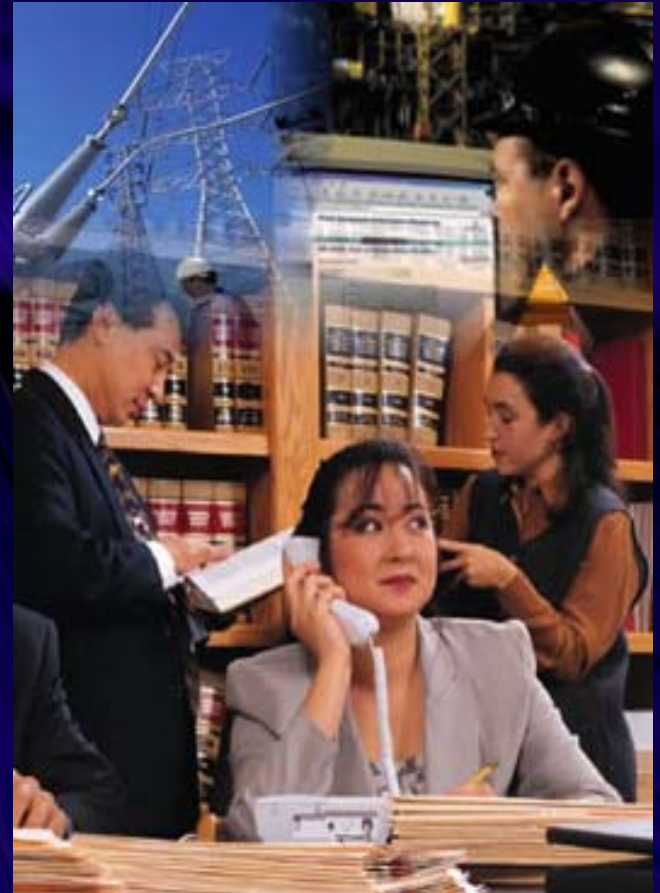


Gestión de Mantenimiento

- ◆ Garantizarle al cliente interno o externo, que el parque industrial esté disponible, cuando lo requiera con confiabilidad y seguridad total, durante el tiempo necesario para operar, con las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente, para producir bienes o servicios que satisfagan necesidades, deseos o requerimientos de los compradores o usuarios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible y con los mayores índices de productividad y competitividad.

Gestión Técnica de los Procesos

- ✦ Eliminar o reducir el error humano
- ✦ Reducir el trabajo humano y sus costos
- ✦ Minimizar el consumo de energía
- ✦ Reducir el tamaño de plantas y de stocks intermedios
- ✦ Cumplir los reglamentos ambientales
- ✦ Alcanzar y mantener el resultado deseado.



Mantenimiento del Pasado

- ◆ Altos Inventarios
- ◆ Grandes Cuadrillas
- ◆ Formación Artesanal
- ◆ Especialización por Áreas
- ◆ Predominio de lo Empírico
- ◆ Desconocimiento de Gestión
- ◆ Mantenimiento como Función
- ◆ Inadecuado Manejo de Recursos
- ◆ Excelente Atención de las Emergencias.



Nuevas Tendencias del Mantenimiento

- ◆ Mantenimiento Basado en Condición
- ◆ No hacer en vez de hacer
- ◆ Calidad de la Gestión Administrativa
- ◆ Prevención de Fallas en vez de Mantenimiento Preventivo
- ◆ Aumento de la Disponibilidad y Confiabilidad
- ◆ Centralización de Planeación y Programación
- ◆ Aplicación de Indicadores de Resultados
- ◆ Mantenimiento Eficiente y Oportuno.

Características del Nuevo Mantenimiento

- ◆ Mayor Sentido de Pertenencia
- ◆ Mantenimiento como Gestión
- ◆ Análisis de Puntos Débiles
- ◆ Procedimientos Estandarizados
- ◆ Efectividad de Contratación y Adquisiciones
- ◆ Participación en la Selección de Tecnología
- ◆ Políticas de Reposición de Equipos
- ◆ Apropiación Económica de Inventarios
- ◆ Sistema de Gestión de Información
- ◆ Planeación y Programación de Actividades
- ◆ Mantenimiento Autónomo de primera línea
- ◆ Integración de Producción y Mantenimiento.



Estrategias del Mantenimiento

- ◆ Desarrollo Integral del Talento Humano
- ◆ Proyectar la Función del Mantenimiento para la Productividad
- ◆ Construir una Nueva Cultura de Mantenimiento
- ◆ Fomentar el Trabajo en Equipo
- ◆ Establecer panoramas de Riesgo y de Protección al Medio Ambiente
- ◆ Desarrollar Procesos de Reingeniería de Mantenimiento
- ◆ Gestionar de forma óptima la información en Mantenimiento.

Parámetros de Mantenimiento

- ◆ Confiabilidad, $R(t)$
- ◆ Probabilidad de Falla, $F(t)$
- ◆ Índice de Falla, $\lambda(t)$
- ◆ Mantenibilidad, $M(t)$
- ◆ Disponibilidad, $D(t)$
- ◆ Efectividad global, (OEE)
- ◆ Tiempo Promedio Entre Fallas, (MTBF)
- ◆ Tiempo Medio Para Reparar, (MTTR).



Niveles de Medición

Conciencia

Entendimiento

Competencia

Excelencia

INOCENCIA

INDICA DESCONOCIMIENTO,
NIVEL DONDE SE TIENE IDEA
DE LO QUE IMPLICAN LAS
CARACTERISTICAS O
CRITERIOS DE LAS MEJORES
PRACTICAS.



Niveles de Medición

Inocencia

Entendimiento

Competencia

Excelencia

CONCIENCIA

SIGNIFICA UN NIVEL DONDE SE CONOCEN LAS PRÁCTICAS PERO NO SE APLICAN, ADEMÁS NO SE SABEN LOS BENEFICIOS QUE TRAE IMPLANTAR LOS CRITERIOS DE LAS MEJORES PRÁCTICAS.



Niveles de Medición

Inocencia

Conciencia

Competencia

Excelencia

ENTENDIMIENTO

ES EL NIVEL DONDE SE ENTIENDEN LOS CRITERIOS CARACTERÍSTICOS DE LAS MEJORES PRACTICAS Y SE ESTÁ EN UNA ETAPA INICIAL DE IMPLEMENTACIÓN, LOGRANDO OBTENER ALGUNOS BENEFICIOS.



Niveles de Medición

Inocencia

Conciencia

Entendimiento

Excelencia

COMPETENCIA

ES EL NIVEL DONDE SE CONOCEN LOS CRITERIOS Y CARACTERÍSTICAS, LOGRANDO BENEFICIOS TANGIBLES, PRODUCTO DE ADECUADOS PROCESOS DE IMPLANTACIÓN EN LA EMPRESA. SE TIENE BUEN DOMINIO DE LAS MEJORES PRÁCTICAS.



Niveles de Medición

Inocencia

Conciencia

Entendimiento

Competencia

EXCELENCIA

ES EL MÁXIMO NIVEL DE MEDICIÓN, DONDE LA GESTIÓN DE LA EMPRESA ES COMPARABLE CON LA DE LAS EMPRESAS DE CLASE MUNDIAL, OBTENIENDO ALTOS BENEFICIOS CUANTIFICABLES Y AUDITABLES.



Agenda

MÓDULO 2. CONFIABILIDAD OPERACIONAL

- ◆ Introducción a la Confiabilidad Operacional
- ◆ Aplicaciones de la Confiabilidad
- ◆ Mejoramiento de la Confiabilidad
- ◆ Confiabilidad de los Equipos
- ◆ Mantenibilidad de los Equipos
- ◆ Confiabilidad de los Procesos
- ◆ Equipo Natural de Trabajo
- ◆ Confiabilidad Humana.



Confiabilidad Operacional

- ♦ La **Confiabilidad** de un sistema o un equipo, es la probabilidad de que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función.
- ♦ La **Confiabilidad Operacional** lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional.

Definiciones de Confiabilidad

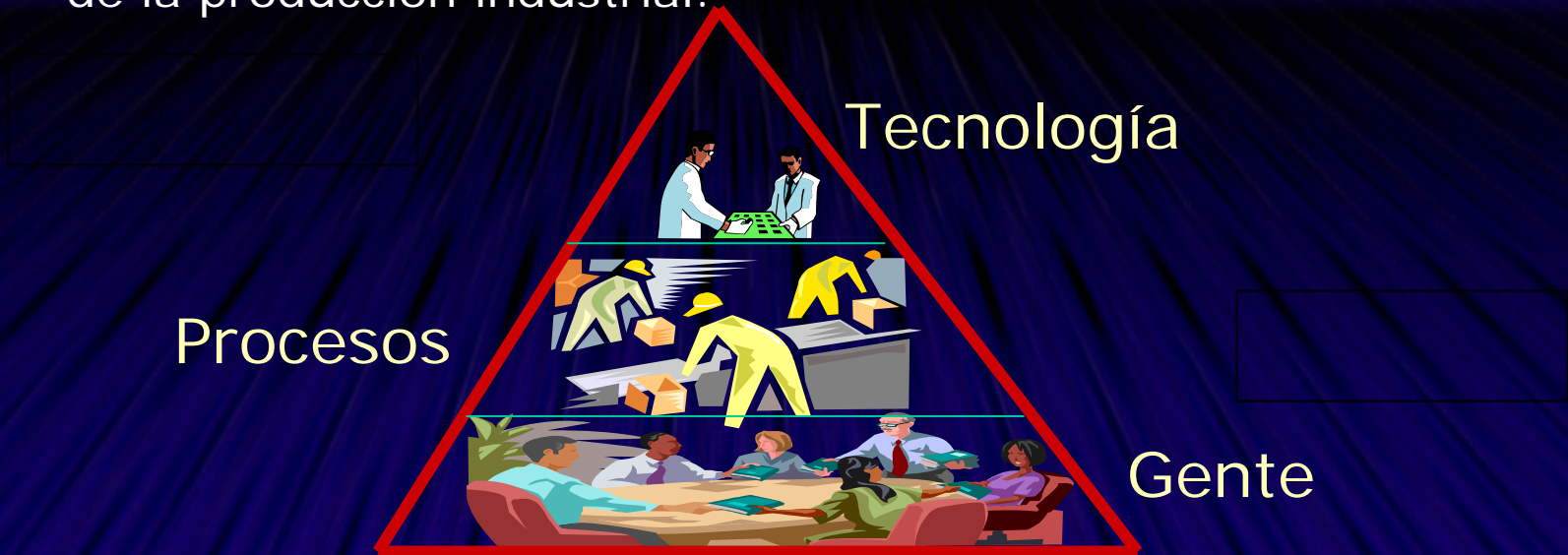


Confiabilidad Operacional

- ◆ Mas reciente de las metodologías surgidas para optimizar la Productividad Industrial
- ◆ Son labores desarrolladas con el propósito de aprovechar el historial de fallas, convirtiéndolo en oportunidades de mejora
- ◆ Involucra a las personas, los procesos, los equipos y está basada sobre una aproximación de sentido común hacia la excelencia.

Definición

- Una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, en búsqueda de optimizar la gestión, planeación y control, de la producción industrial.



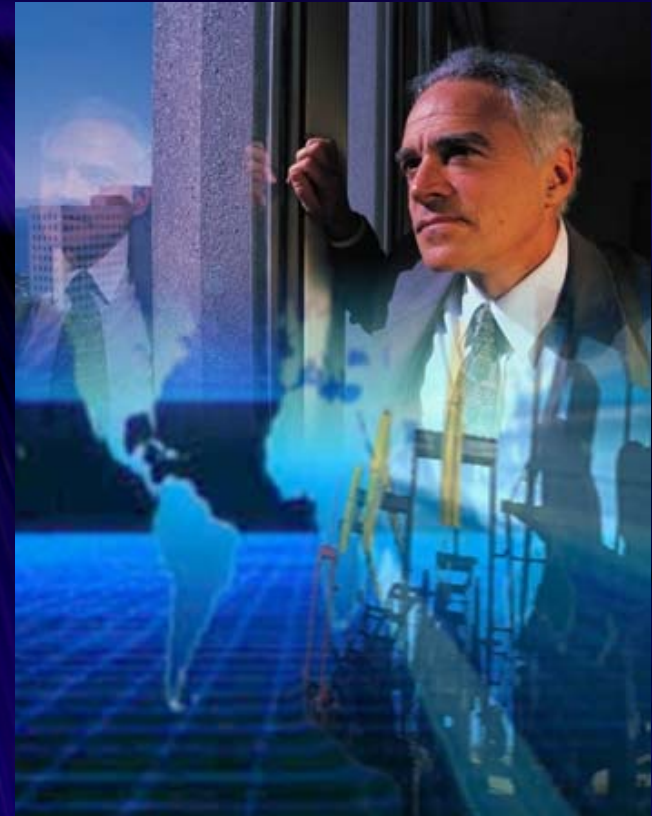
Confiabilidad Operacional



The Woodhouse Partnership Ltda.

Confiabilidad Operacional

- ✦ La Confiabilidad es más que una probabilidad; es una nueva forma de ver el mundo, en realidad es una **Cultura** que debe implementarse a todos los niveles de la industria desde la alta dirección hasta el empleado de más bajo nivel.



Aplicación de la Confiabilidad

- ◆ Elaboración de los planes y programas de mantenimiento e inspección de equipos
- ◆ Solución de problemas recurrentes en sus Activos Físicos
- ◆ Determinación de tareas para minimizar riesgos en los procesos, equipos y medio ambiente
- ◆ Establecer el alcance y frecuencia óptima de paradas de plantas
- ◆ Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.

Mejoramiento de la CO

- ◆ Mejorar la CO se puede conseguir mediante múltiples iniciativas
- ◆ No existe una única metodología que domine todos los aspectos de la CO
- ◆ Depende de la interacción entre los equipos, los procesos, el Talento Humano y el ambiente organizacional
- ◆ Los procesos de capacitación son la herramienta fundamental para el mejoramiento de la Confiabilidad Operacional.



Confiabilidad Operacional

- ♦ Cualquier hecho aislado de mejora en alguno de los cuatro frentes de la **CO** puede traer beneficios, pero al no tomarse en cuenta los demás factores, estos son limitados o diluidos en la organización y pasan a ser solo el resultado de un proyecto y no de un Cambio Organizacional.



Cuatro Áreas Estratégicas



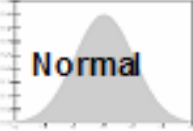


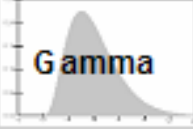

Confiabilidad de los Equipos

- ◆ “La probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica (no falle) bajo condiciones de operación determinadas en un período de tiempo específico”.
- ◆ La confiabilidad se relaciona básicamente con la tasa de fallas (cantidad de fallas) y con el tiempo medio de operación (MTTF), tiempo de operación. Mientras el número de fallas de un determinado equipo vaya en aumento o mientras el MTBF de un equipo disminuya, la confiabilidad del mismo será menor (variable a modelar en Tiempos Operativos).

Distribución de Probabilidad

- ◆ Las distribuciones paramétricas de probabilidad son funciones matemáticas teóricas, que describen la forma en que se espera que varíen los resultados de un análisis de Confiabilidad.
- ◆ Debido a que las distribuciones tratan de explicar la expectativa de que algo suceda, resultan ser modelos útiles para hacer inferencias y para tomar decisiones en condiciones de incertidumbre.
- ◆ ***Distribuciones para Variables Aleatorias Continuas:***
- ◆ Distribución Normal, **Distribución Log normal**, **Distribución Exponencial**, **Distribución Weibull**, Distribución Beta, Distribución Gamma, Distribución Triangular, Distribución Uniforme, etc.

Distribuciones Estadísticas

Nombre	Función de densidad	Distribución	Parámetros
 Normal	$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{(t-\mu)^2}{\sigma^2} \right]}$	$F(t) = \int f(t) dt$	μ = Media σ = Desviación E estándar
 Lognormal	$f(t) = \frac{1}{\sigma' \cdot t \cdot \sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{(\ln(t)-\mu')^2}{\sigma'^2} \right]}$	$F(t) = \int f(t) dt$	μ' = Media de $\ln(t)$ σ' = Desviación E estándar del $\ln(t)$
 Exponencial	$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}$	$F(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t}$	λ = Inverso del promedio
 Gamma	$f(t) = \frac{1}{\beta \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot \left[\frac{t}{\beta} \right]^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{t}{\beta}}$	$F(t) = \int f(t) dt$	α = Parámetro de forma β = Parámetro de escala
 Weibull	$f(t) = \frac{\beta \cdot t^{\beta-1}}{\eta^\beta} \cdot e^{\left(-\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta \right)}$	$F(t) = 1 - e^{\left(-\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta \right)}$	β = Parámetro de forma η = Parámetro de escala

Mantenibilidad de los Equipos

- ✦ Característica de diseño e instalación, expresada como la probabilidad de que un elemento sea recuperado a una condición especificada, a lo largo de un período dado del tiempo empleado en el mantenimiento, cuando éste se realiza de acuerdo con los procedimientos y recursos prescritos [MIL-STD-721B, 1996 USA].
- ✦ El parámetro fundamental para calcular la mantenibilidad lo constituye el tiempo promedio de reparación de las fallas (MTTR).



Mantenibilidad de los Equipos

- ◆ La Ingeniería de Mantenibilidad es la disciplina científica que estudia la complejidad, los factores y los recursos relacionados con las actividades que se deben realizar para mantener y recuperar las funciones de un activo.
- ◆ El Análisis de Mantenibilidad es una potente herramienta, para la descripción de la capacidad de un producto de ser recuperado para el servicio, mediante la realización de tareas de mantenimiento.
- ◆ La Ingeniería de Mantenibilidad proporciona una amplia contribución a la reducción de los costos totales del mantenimiento de un producto activo durante su ciclo de vida.

Aspectos de la Mantenibilidad

- ◆ Factores Personales, que representan la influencia de la habilidad, motivación, experiencia, actitud, capacidad física, vista, autodisciplina, formación y responsabilidad
- ◆ Factores Operacionales, que representan la influencia del entorno operativo
- ◆ Factores del Entorno, que representan la influencia de la temperatura, humedad, ruido, iluminación, vibración, época del año, viento, ruido, en el personal de mantenimiento.

Confiabilidad de los Procesos

Planes integrales

En línea con el plan de negocios, al considerar estrategias de ejecución e impacto en producción

FECHA	DESCRIPCIÓN	EN	FE	MA	AR	MA	JU	LA	SE	DI	NO	VI	DO	SA	DO	SA	DO
1995	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC	F											6	10	20	30
1996	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC		F										8	10	20	30
1997	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC						F						10	10	20	30
1998	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC												15	10	20	30
1999	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC												15	10	20	30
2000	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC												15	10	20	30

Programas de sincronización

Paradas de Planta coordinadas por los diferentes entes que participan

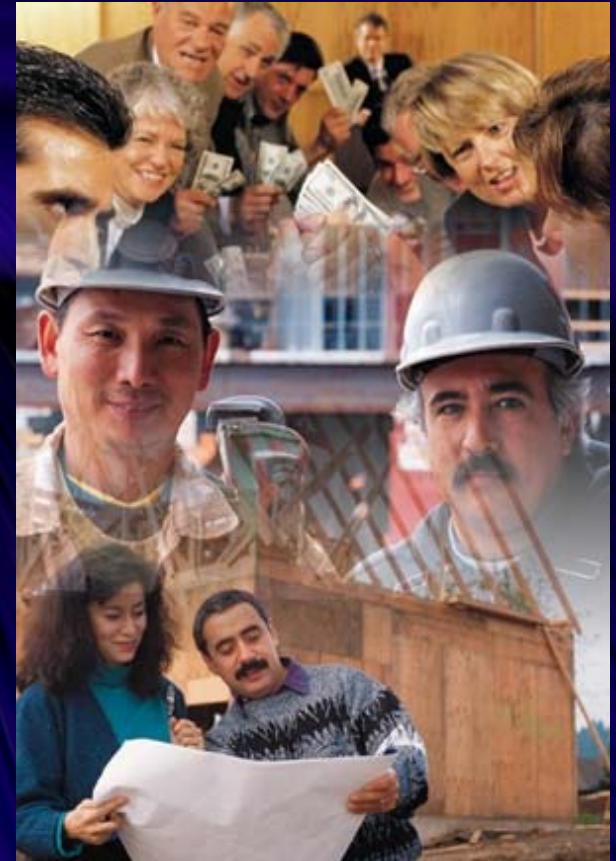
FECHA	DESCRIPCIÓN	EN	FE	MA	AR	MA	JU	LA	SE	DI	NO	VI	DO	SA	DO	SA	DO
1995	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC	F											6	10	20	30
1996	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC		F										8	10	20	30
1997	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC						F						10	10	20	30
1998	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC												15	10	20	30
1999	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC												15	10	20	30
2000	REPARACIÓN DE EQUIPO	PC												15	10	20	30

Confiabilidad Humana

- ❖ La Confiabilidad del "*Talento Humano*" se define como la posibilidad de desempeño eficiente y eficaz, de las personas, dentro de un contexto organizacional específico durante su competencia laboral.
- ❖ El sistema de Confiabilidad Humana incluye varios elementos de proyección personal, que permiten optimizar los conocimientos, habilidades y destrezas de los miembros de una organización con la finalidad de generar "*Capital Humano*".

Capital Humano

- El Capital Humano es el incremento en la capacidad de producción alcanzado mediante el desarrollo de las competencias de los trabajadores de la empresa. Está formado por el conocimiento y el ingenio que hacen parte de las personas, su salud mental y la calidad de sus hábitos de trabajo. Estas capacidades realzadas se adquieren con dedicación, formación, entrenamiento y experiencia. También es común señalar al capital humano como indispensable para la competitividad de las economías modernas ya que su productividad se basa en la generación, difusión y utilización del conocimiento.



Elementos de Confiabilidad Humana



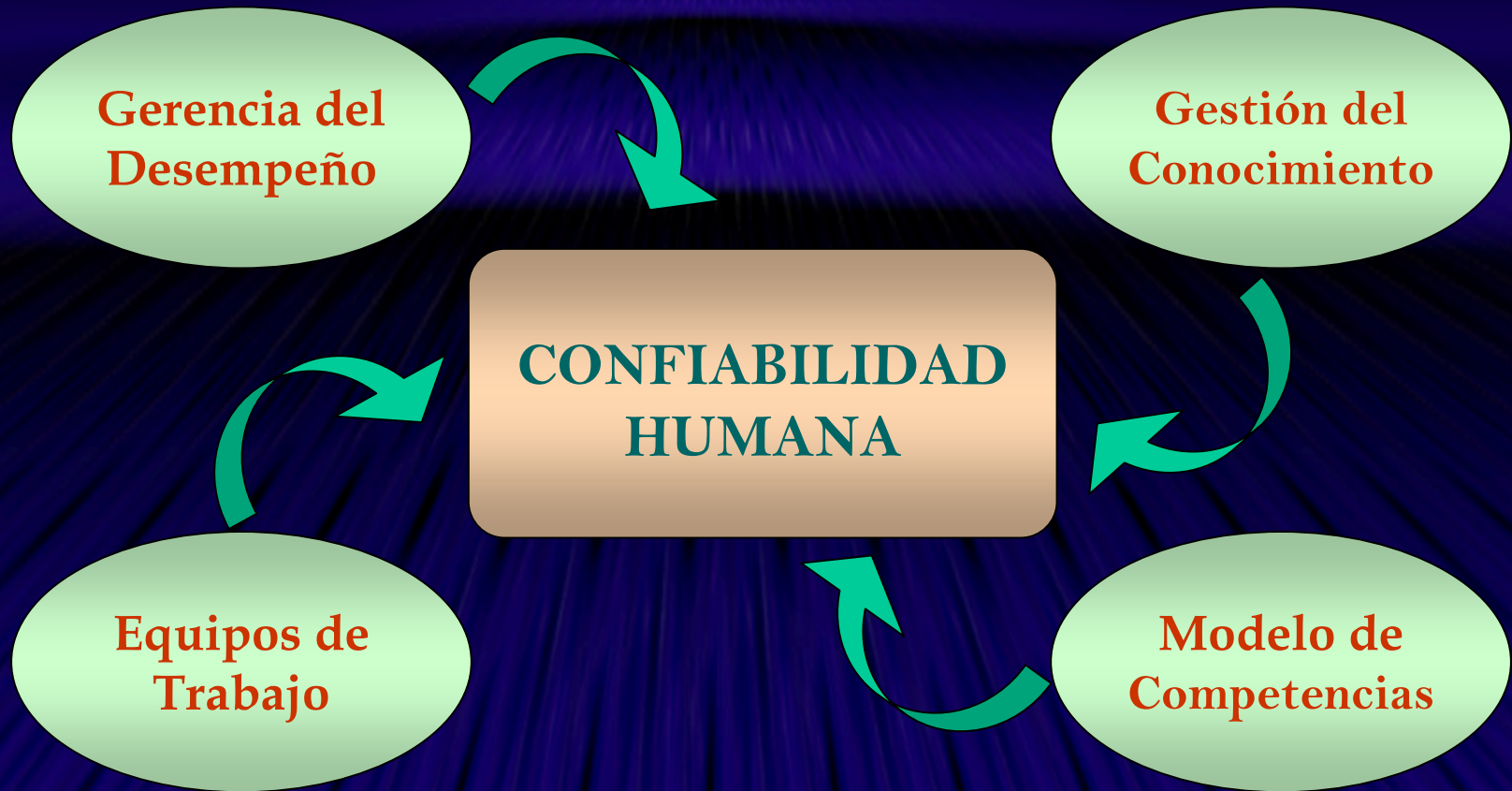
Análisis de Confiabilidad Humana

- ◆ El Análisis de Confiabilidad Humana (HRA) es una técnica usada para identificar, analizar, cuantificar y documentar sistemáticamente los posibles modos de falla humanos dentro de un proyecto, y los efectos de las fallas sobre la confiabilidad global de los activos.
- ◆ Los análisis del comportamiento y las necesidades de los seres humanos están entre las más polémicas de las ciencias; no es nada extraño que existan múltiples enfoques compitiendo por el manejo y la tipificación de los problemas personales.
- ◆ La técnica cuantitativa de HRA más ampliamente usada es la "Technique for Human Error Rate Prediction" (THERP), creada en Sandia National Laboratories, NM. USA.

El Error Humano

1. Factores Antropométricos. Son los relacionados con el tamaño y la resistencia física del personal que va a realizar una tarea, cuando no puede acomodarse físicamente a las condiciones del sistema o equipo.
2. Factores Sensoriales. Se relacionan con la pericia con que las personas usan los sentidos para entender lo que esta ocurriendo en su entorno.
3. Factores Fisiológicos. Se refieren a las tensiones medio-ambientales que afectan el desempeño humano, pues generan fatiga.
4. Factores Psicológicos. Se refieren a los aspectos internos que tienen raíz en lo psíquico de las propias personas.

Estrategias de Confiabilidad Humana



Gerencia del Conocimiento

- ❖ La Gestión Eficaz del Conocimiento es el proceso sistémico que suministra el recurso humano capacitado para ejercer las labores industriales y preservar el "Capital Intelectual" de la organización.
- ❖ La fuerza de trabajo como capital intelectual, es quien resuelve los problemas y provee las actividades que aseguran el éxito. Pero se requiere el compromiso de la alta gerencia para liderar procesos de capacitación, motivación e incentivación de los trabajadores, para generar nuevas actitudes, aptitudes, reconocimiento y confianza, en el mediano y largo plazo.
- ❖ Para aprender es fundamental tener objetivos que alcanzar y metas que cumplir, para lo cual se requiere un alto nivel de interés y motivación.

Gestión por Competencias

- ◆ Herramienta estratégica indispensable para enfrentar los nuevos desafíos que impone el entorno. El Modelo de Competencias es una de las estrategias principales en el desarrollo del Capital Humano, busca impulsar al más alto nivel de calidad las competencias individuales, acordes con las necesidades operativas. Garantiza el desarrollo y administración del potencial intelectual de todos los miembros de la organización.
- ◆ En la era actual, donde la información y la tecnología están al alcance de todos, la única ventaja competitiva es la capacidad personal de adaptarse al cambio. Esto se logra mediante el impulso que genera la formación para toda la vida del Talento Humano, donde se mide y valora la formación y experiencias, de acuerdo con un sistema de competencias.

Capacitar el Talento Humano

Para que desarrollen aptitudes y actitudes:

- ✦ Capacidad técnica
- ✦ Conciencia crítica
- ✦ Buena comunicación
- ✦ Buena actitud en el desempeño
- ✦ Voluntad de asumir responsabilidades
- ✦ Persistencia en los objetivos
- ✦ Energía orientada a lograr resultados.



Equipo Natural de Trabajo

- ◆ Conjunto de personas de diferentes funciones dentro de la organización que trabajan juntas por un período de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los departamentos, apuntando al logro de un objetivo común.



Valor Agregado del Trabajo en Equipo

CUANDO EL TRABAJO
ES COMPLEJO



CUANDO EL CONSENSO DE
DIFERENTES ESPECIALIDADES
ES IMPORTANTE

CUANDO SE NECESITA QUE
OCURRAN DESARROLLOS
IMPORTANTES

Conformación Básica

OPERADOR

Experto en el manejo de
Sistemas y equipos

FACILITADOR

Asesor Metodológico

INGENIERO DE PROCESOS

Visión global de procesos



MANTENEDOR

Expertos en
Mantenimiento de
equipos

PROGRAMADOR

Visión Sistemática
De la actividad

ESPECIALISTAS

En Áreas Específicas

Equipo Natural de Trabajo



Gerencia del Desempeño

- ◆ Es el proceso que permite monitorear y evaluar la idoneidad del talento humano durante la implantación y desarrollo de las estrategias propuestas, con el fin de garantizar la generación de valor, y tomar las acciones correctivas de manera proactiva.
- ◆ La clave para alcanzar la excelencia organizacional se centra en las personas y su gestión. Las empresas se están dando cuenta de que más allá de las tecnologías y los procesos, son los conocimientos y el saber de sus colaboradores, cada vez más preparados, los que aportan el Capital Intelectual a la organización.
- ◆ Uno de los aspectos claves de la formación industrial es el de gestionar el conocimiento de las personas, pero sobre todo gestionar relaciones entre personas.

Gerencia del Desempeño

- ◆ Para evaluar el desempeño son necesarias una serie de acciones rápidas, con resultados inmediatos, para que tanto la dirección como el personal puedan aplicar los correctivos oportunamente. Por ello, las actividades deben centrarse en los puntos, o en los indicadores, sobre los que se pueda tener control, tanto visualmente como a nivel de resultados.
- ◆ Un factor fundamental para conseguir un aprendizaje eficaz es la confianza. El aprendizaje, la colaboración o la confianza no suceden de manera automática. Hay que provocarlos, inducirlos, fomentarlos, crear las condiciones idóneas para que sobrevengan y generen nuevos conocimientos que provean un mayor Capital Intelectual a la organización, y que garanticen los cuidados necesarios para que este se perpetúe.

Mejoras Potenciales

PRODUCCIÓN	10– 12%	↑
DISPONIBILIDAD	10-15%	↑
HORAS HOMBRE	35-40%	↓
COSTOS DE MANTENIMIENTO	23-30%	↓
COSTOS DE PRODUCCIÓN	12-16%	↓
SEGURIDAD	80%	↑
RETRABAJO	20-40%	↓
INVENTARIOS	10-30%	↓
PARADAS IMPREVISTAS	50-55%	↓

Agenda

MÓDULO 3. ESTRATEGIAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL



- ✦ Planificación del Mantenimiento
- ✦ Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- ✦ Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)
- ✦ Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)
- ✦ Análisis Estadístico de Confiabilidad
- ✦ Optimización de la Programación y Costos de PM
- ✦ Optimización Integral del Mantenimiento (MIO).

Estrategias de Confiabilidad Operacional

- ◆ Mantenimiento Preventivo Planeado (PPM)
- ◆ Mantenimiento Basado en Condición (CBM)
- ◆ Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- ◆ Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)
- ◆ Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)
- ◆ Mantenimiento Basado en el Negocio (BBM)
- ◆ Prevención de Mantenimiento (MP)
- ◆ Modelos Mixtos de Confiabilidad (RMM)
- ◆ Optimización Integral de Mantenimiento (MIO).

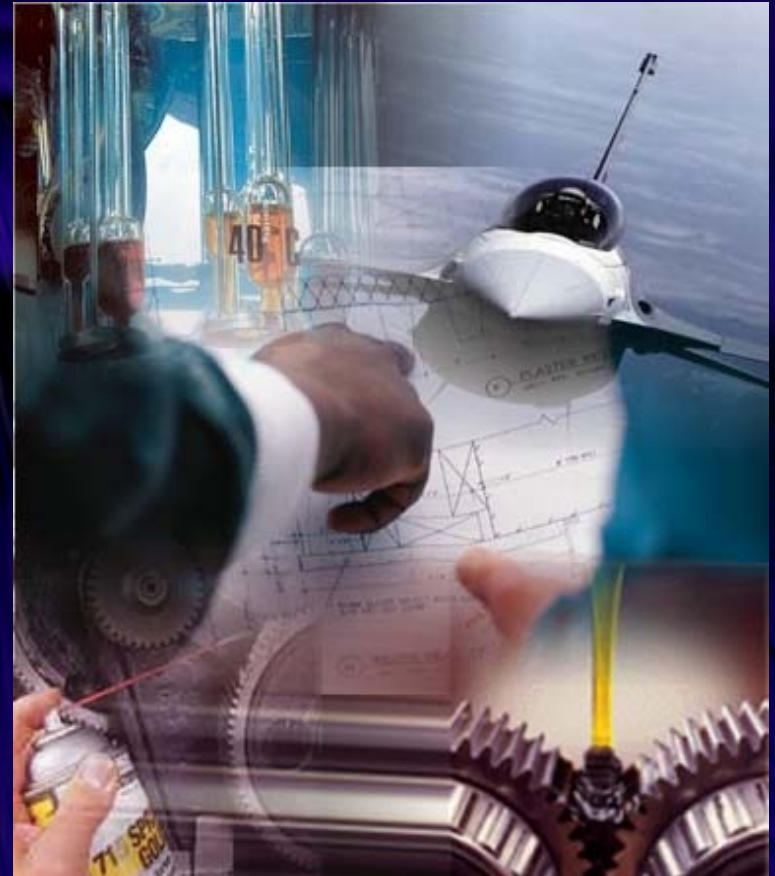


Estrategias Fundamentales



Mantenimiento Planificado

- ◆ Conjunto sistemático de actividades programadas de mantenimiento cuyo fin es acercarse progresivamente a una planta productiva de Categoría Mundial.
- ◆ Este conjunto de acciones proactivas se lleva a cabo por Talento Humano calificado y con el uso de avanzadas metodologías y técnicas de análisis y diagnóstico de equipos.



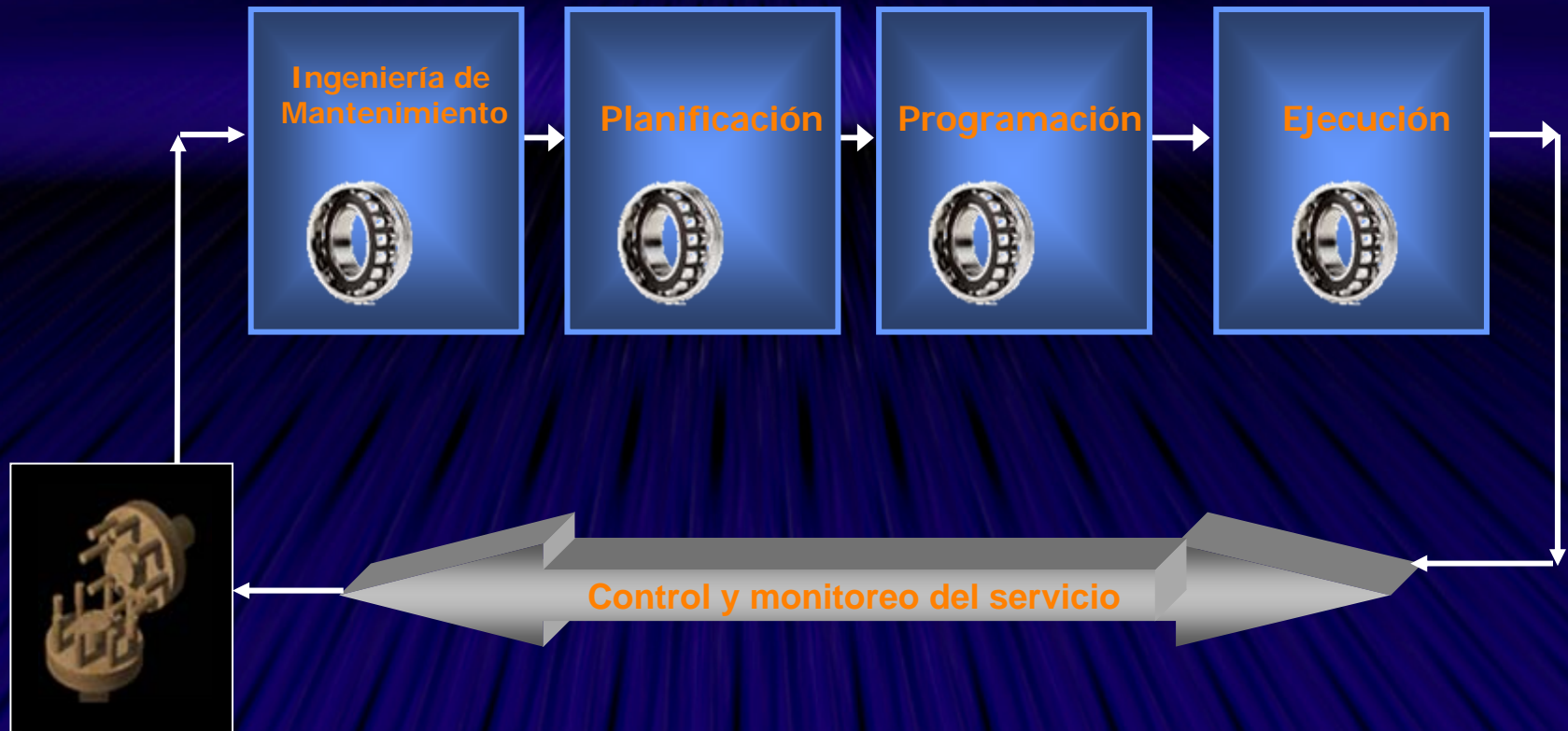
Planificación del Mantenimiento

- ◆ Determinar las áreas de trabajo y las responsabilidades de la Organización
- ◆ Establecer las relaciones y correlaciones entre áreas
- ◆ Asegurar que los objetivos estratégicos de la compañía se comprenden por cada nivel jerárquico
- ◆ Establecer sistemas eficaces de información y comunicaciones.

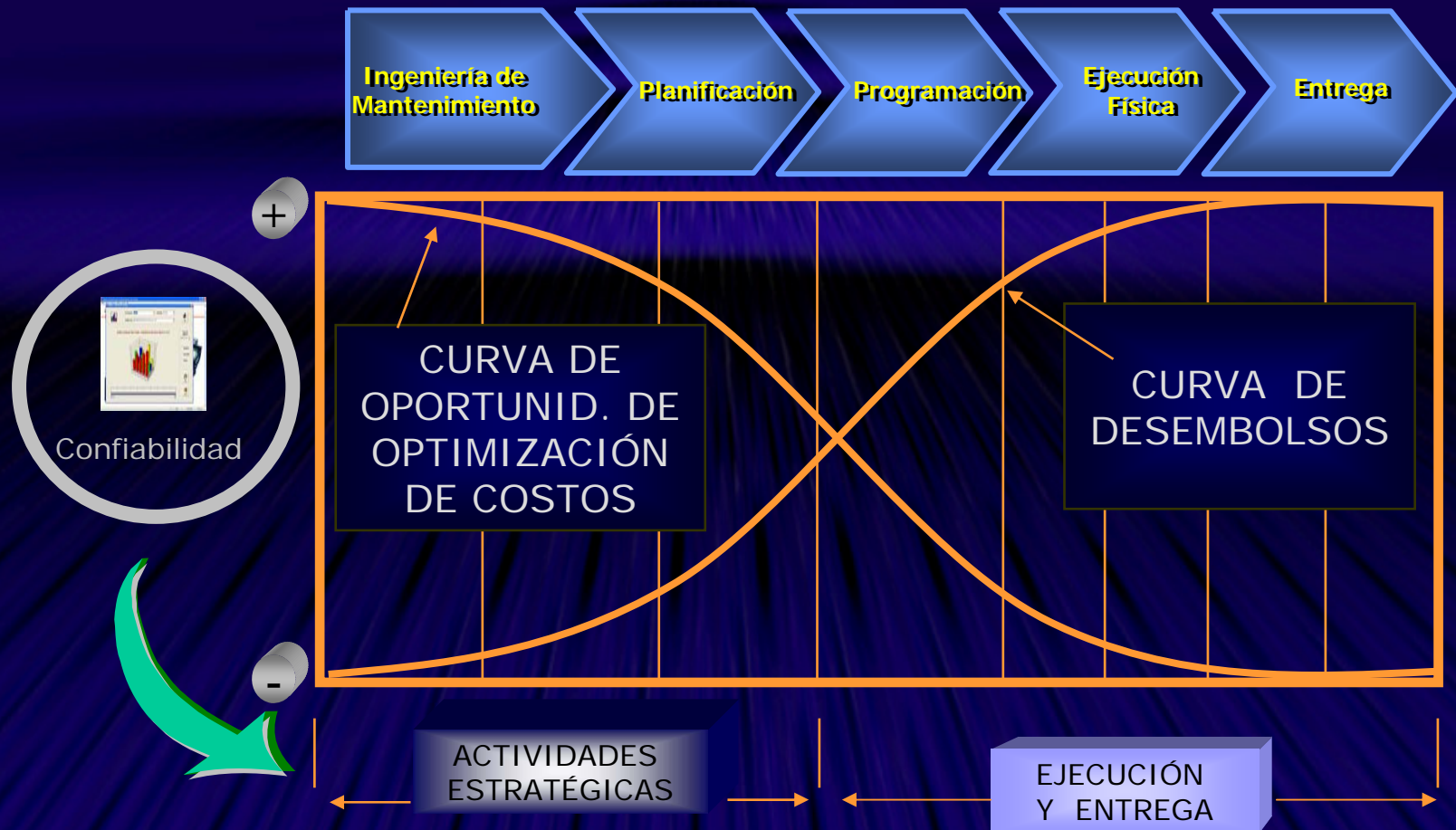


Competitividad de la Organización

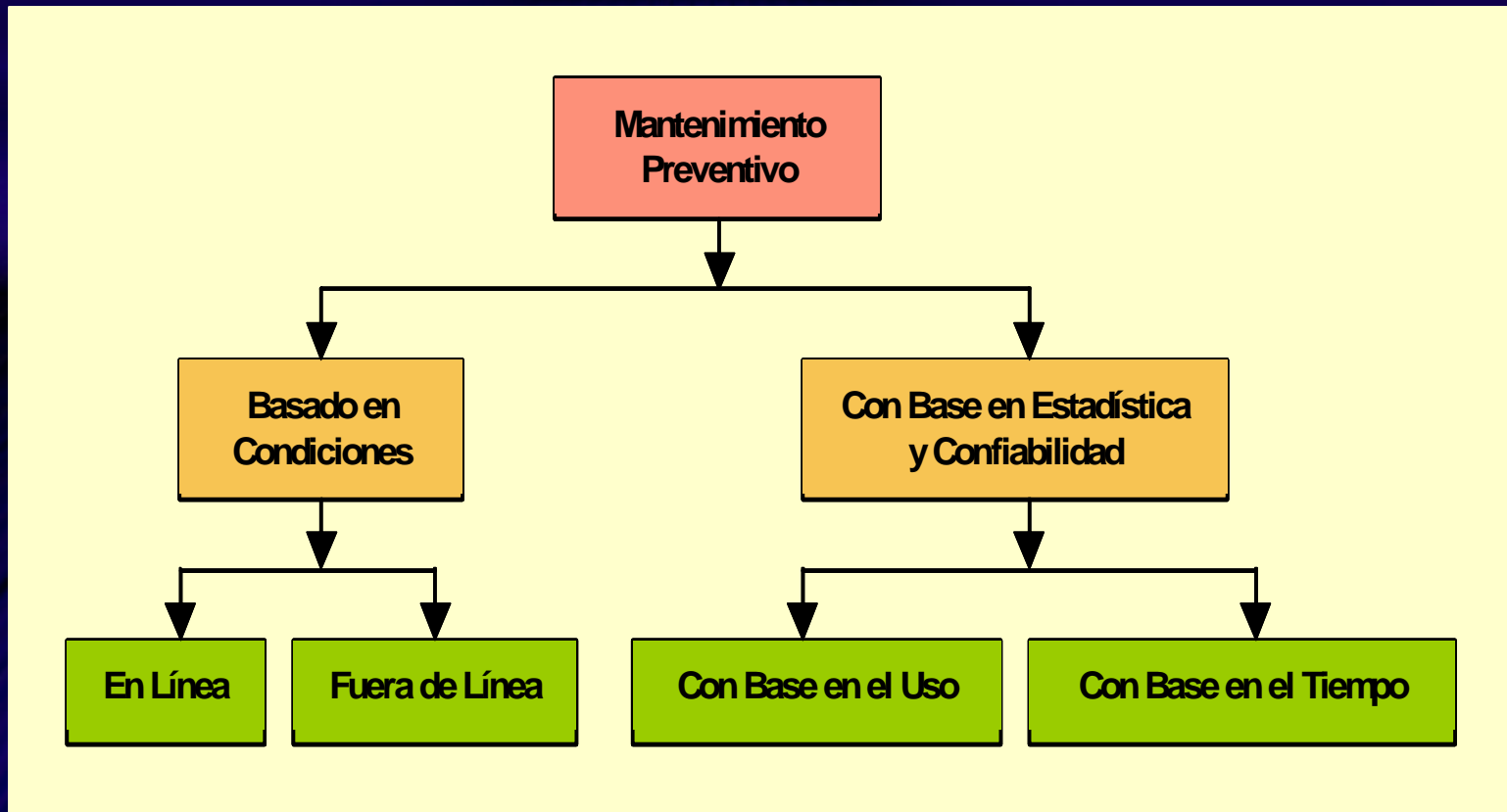
CADENA DE VALOR



Cadena de valor



Mantenimiento Preventivo



Agenda

MÓDULO 3.1 Mantenimiento Productivo Total

- ◆ La Productiva en el Mantenimiento
- ◆ Elementos y Principios Básicos del TPM
- ◆ Estructura Moderna del TPM
- ◆ Eficacia de los Equipos
- ◆ Qué Significan las Cinco S
- ◆ Las Seis Grandes Pérdidas
- ◆ El Mantenimiento Autónomo
- ◆ Implementación del TPM.

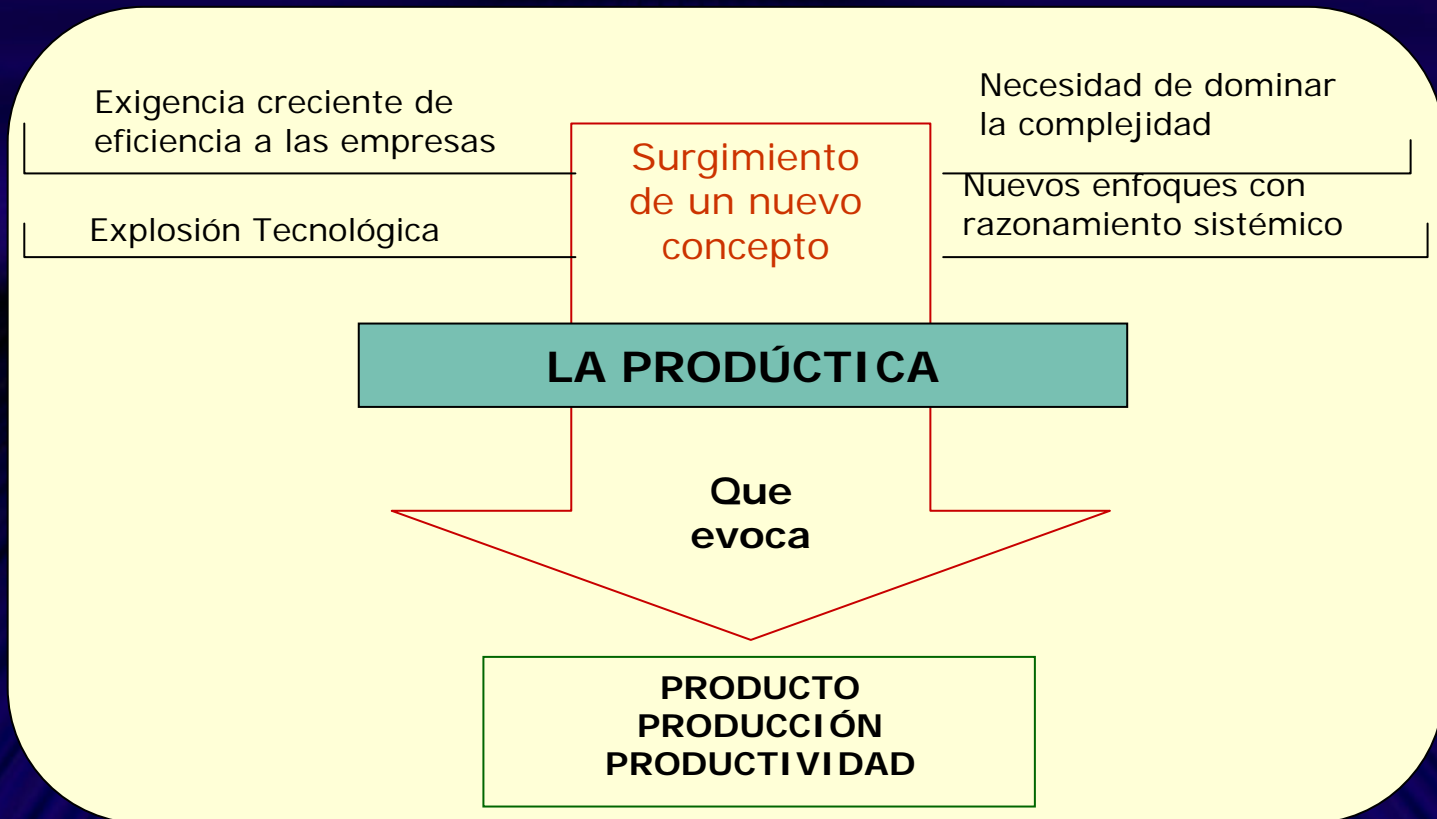


La Prodúctica

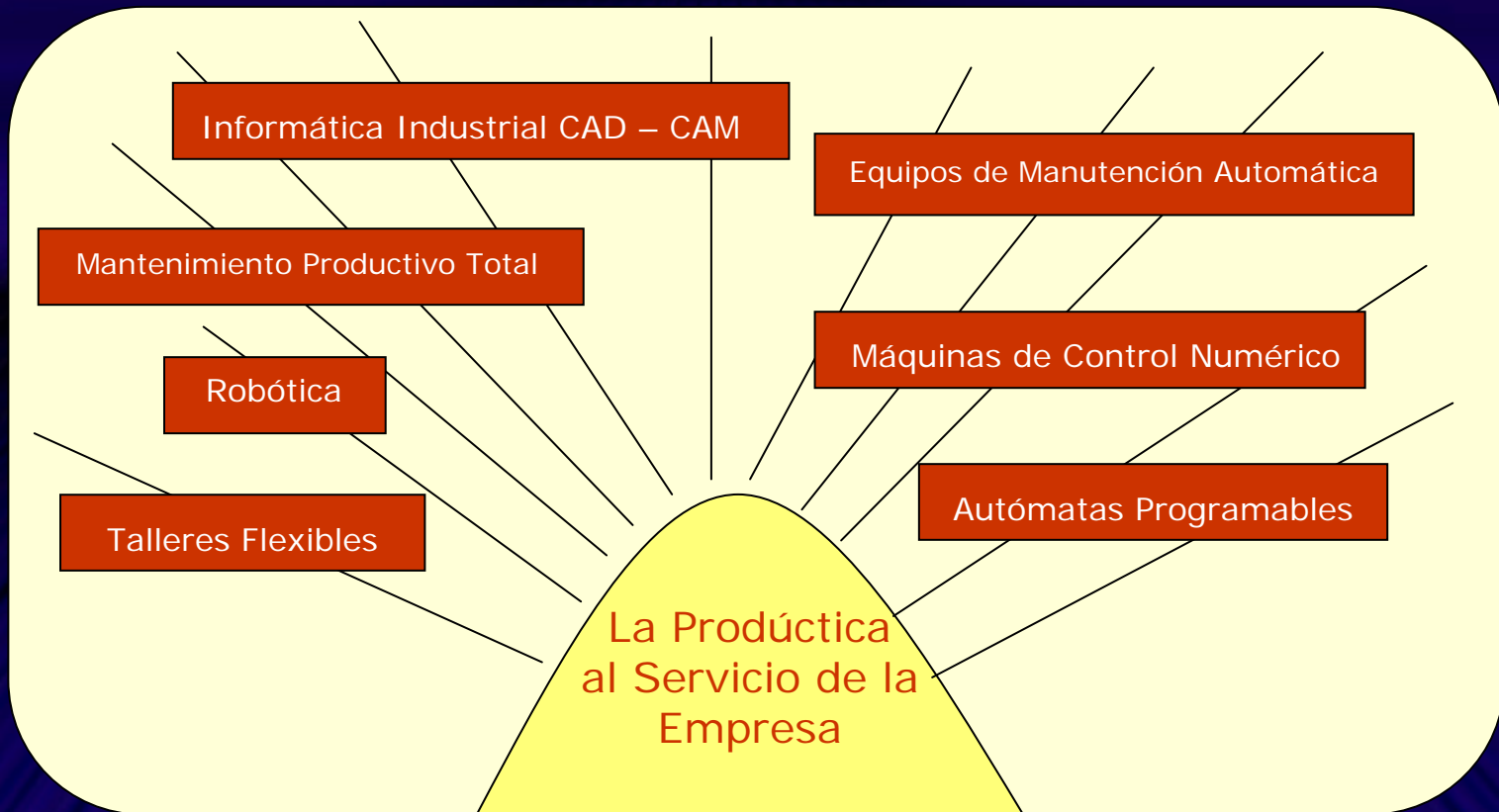
Es una moderna Tecnología Industrial que representa un aporte significativo al desarrollo empresarial, cuyo objetivo es el incremento de la competitividad de las empresas, logrando aumentar su productividad mediante la utilización de herramientas básicas al servicio de la industria.



La Prodúctica



Elementos de la Prodúctica



Recursos de Productividad

- ◆ El Talento Humano
- ◆ El tiempo
- ◆ La energía
- ◆ Las materias primas
- ◆ Los equipos
- ◆ Los servicios
- ◆ Los presupuestos
- ◆ Las estructuras administrativas
- ◆ Las mejoras tecnológicas
- ◆ Los sistemas de información.



Factores de Productividad

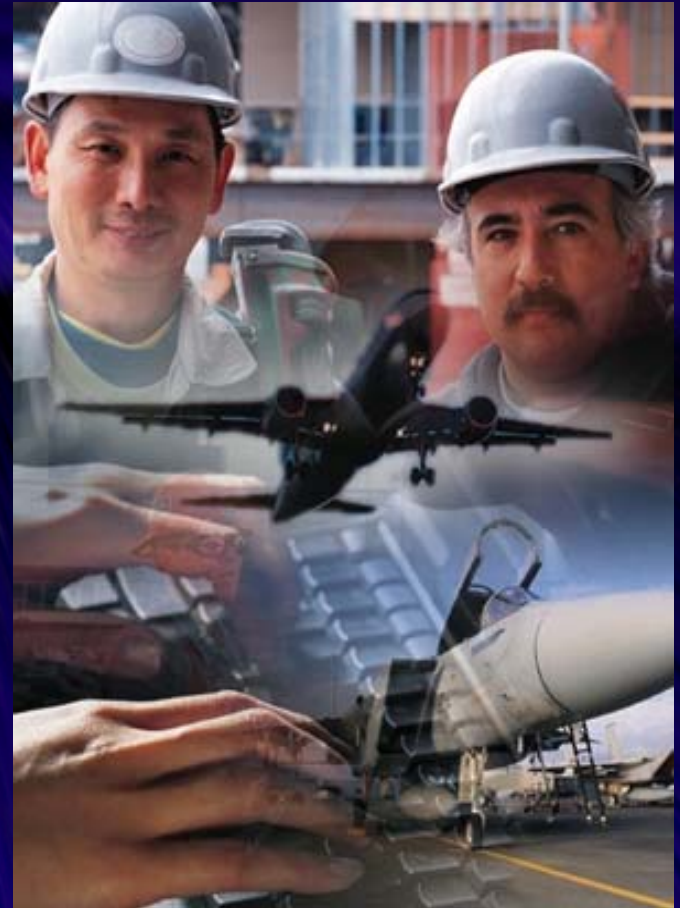
Factores Internos:

Factores Duros

- ◆ Los productos
- ◆ La planta y equipos
- ◆ La tecnología
- ◆ Las materias primas
- ◆ La energía disponible

Factores Blandos

- ◆ El personal
- ◆ La organización y los sistemas
- ◆ Los métodos de trabajo
- ◆ Los tipos de dirección y control.



Factores de Productividad

Factores Externos:

- ✦ Recursos Naturales
- ✦ Ajustes Estructurales
- ✦ Economía Internacional
- ✦ Infraestructura Social
- ✦ Sistemas de Administración Pública.



Definición del JIPM de TPM

- ◆ El TPM se orienta a maximizar la eficacia de los equipos (mejorar la eficiencia global) estableciendo un sistema de mantenimiento productivo de alcance amplio que cubre la vida entera del equipo, involucrando todas las áreas relacionadas con el equipo (planificación, producción, mantenimiento, etc.), con la participación de todos los empleados desde la alta dirección hasta los operarios, para promover el mantenimiento productivo a través de la gestión, de la motivación, o actividades de pequeños grupos voluntarios.

Significados de Total

- ◆ **Mantenimiento Preventivo - Predictivo Total:** Incluye la Prevención del Mantenimiento y la mejora en la ejecución del mantenimiento Preventivo y Predictivo.
- ◆ **Participación Total:** Fundamentada en Mantenimiento Autónomo, por la actividad de pequeños grupos en todo nivel.
- ◆ **Eficacia Total:** Implica la búsqueda de eficacia, productividad y rentabilidad.

Elementos del TPM

Según Nakajima

- ◆ TPM – AM (Mantenimiento Autonomo)
- ◆ TPM – PM (Mantenimiento Preventivo – Predictivo)
- ◆ TPM – EM (Administracion Eficiente de Equipos)
- ◆ TPM – TEI (Participacion Total de los Empleados).

- ◆ Optimización de la Efectividad y la Disponibilidad
- ◆ Mantenimiento Preventivo – Predictivo para toda la vida útil
- ◆ Implementación multidisciplinaria
- ◆ Inclusión general de todos los miembros de la organización
- ◆ Fundamentado en la actividad de pequeños grupos.

Principios del TPM

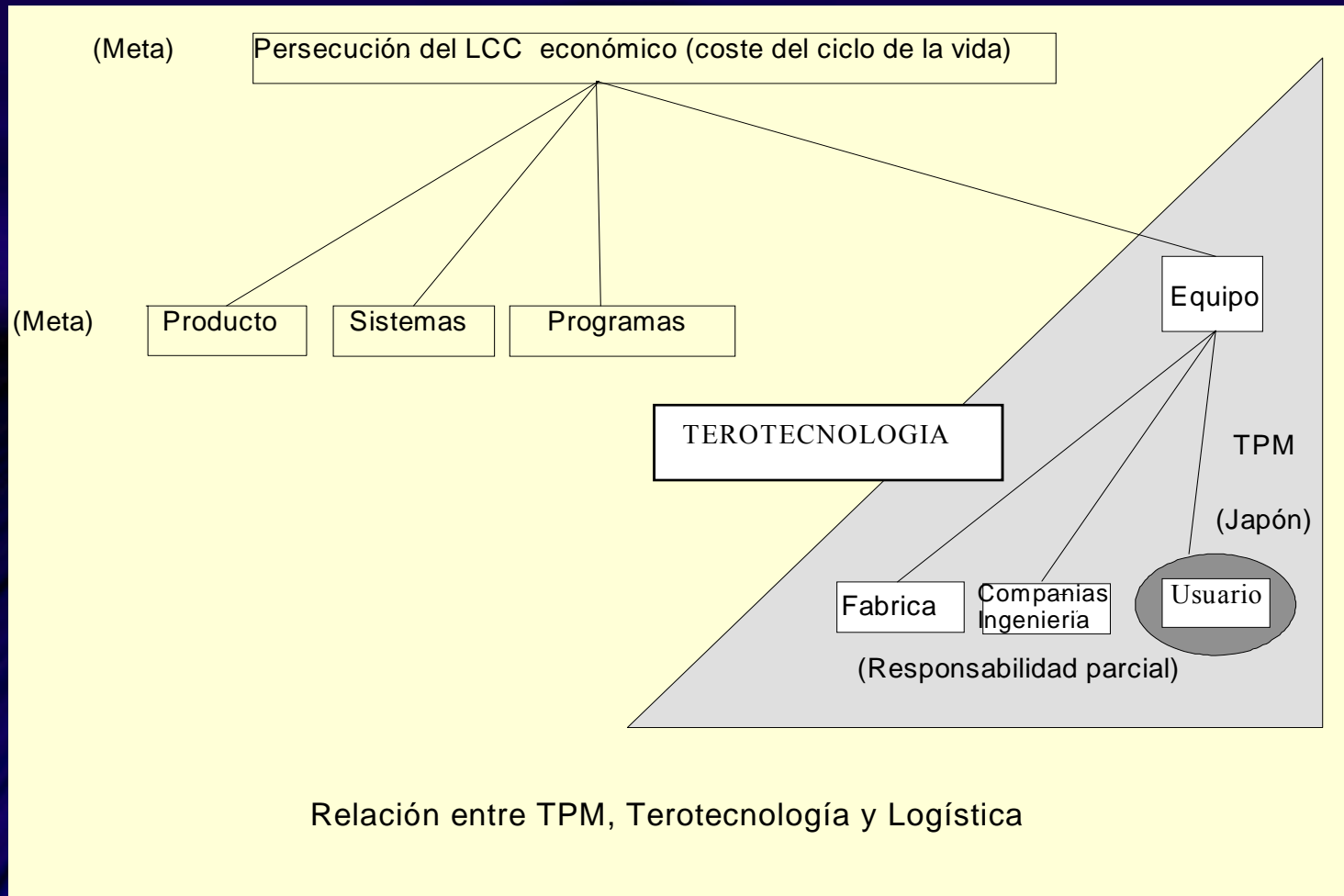
- ◆ Cero Defectos
- ◆ Cero Averías
- ◆ Cero Accidentes
- ◆ Cero Inventarios
- ◆ Alta Productividad
- ◆ Rentabilidad Total
- ◆ Mejora de la Eficacia
- ◆ Participación Total
- ◆ Logística y Terotecnología
- ◆ Mejoramiento del Lugar de Trabajo.



Metas del TPM

- ✦ Crear la Misión para mejorar la Eficacia de los Equipos.
- ✦ Usar el enfoque centrado en productividad y Mantenimiento Autónomo.
- ✦ Involucrar a todos los departamentos y todo el Talento Humano de la organización.
- ✦ Planear la óptima programación de mantenimiento.
- ✦ Implementar las actividades de pequeños grupos, basadas en capacitación y adiestramiento.
- ✦ Programar la Gestión de Equipos inicial para prevenir problemas.

La Logística



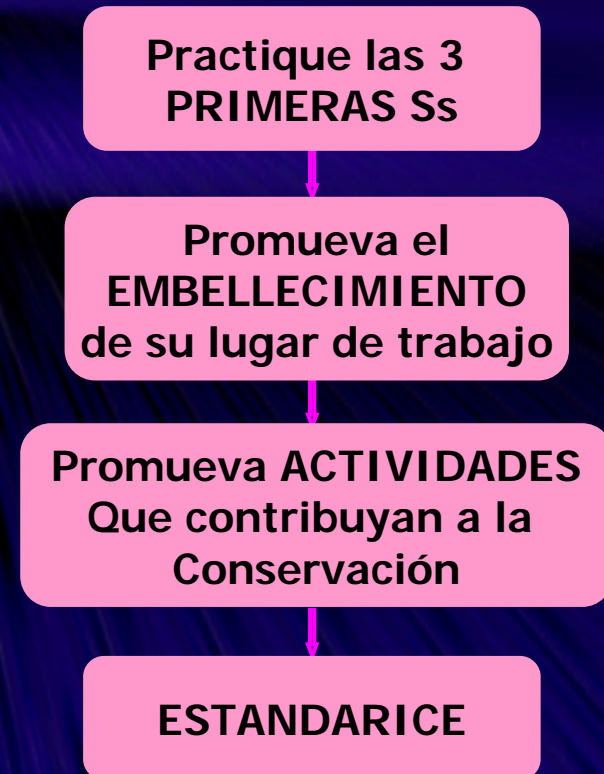
Estructura Moderna del TPM



Fuente: *TPMonline.com*

Las cinco ESES

- ◆ SEIRI (Organización)
Clasificar
- ◆ SEITON (Orden)
Organizar
- ◆ SEISO (Limpieza)
Cuidar
- ◆ SEIKETSU (Pureza)
Estandarizar
- ◆ SHITSUKE (Disciplina)
Sostener.



Las Cinco ESES

En esencia se trata de...

- ✦ Eliminar del área de trabajo lo que no pertenece a ella
- ✦ Asignar un lugar fijo, lógico y conveniente a cada herramienta o material que se necesita
- ✦ Hacer una limpieza excepcional
- ✦ Establecer las nuevas condiciones como normales
- ✦ Sustener el esfuerzo para no perder lo alcanzado.



Mantenimiento Autónomo

Todos los empleados deben estar de acuerdo en que los operadores son responsables del mantenimiento de su propio equipo.

- ◆ Tiene que ser periódico
- ◆ Tiene que llevar medidas reales del mantenimiento
- ◆ Planificación adecuada
- ◆ Selección de lubricantes efectiva
- ◆ Capacitación del operario.

Eficacia del Equipo

La eficacia se mide mediante la determinación de OEE (Efectividad Global del equipo) que esta definida por:

◆ Mínima disponibilidad del equipo	90%
◆ Eficiencia del desempeño	95%
◆ Porcentaje de productos de calidad	99%.

$$OEE = 0.9 \times 0.95 \times 0.99 = 0.85$$

Las Seis Grandes Pérdidas

- ✦ Pérdidas por Averías
- ✦ Pérdidas de Preparación y Ajustes
- ✦ Pérdidas de Velocidad Reducida
- ✦ Pérdidas de Puesta en Marcha
- ✦ Inactividad y Pérdidas por Paradas Menores
- ✦ Defectos de Calidad y Repetición de Trabajos.



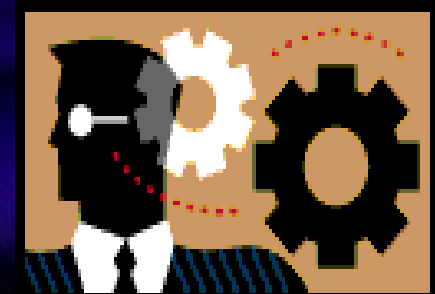
Pérdidas Crónicas

Las pérdidas crónicas son causada por defectos en maquinaria, equipos y métodos. Para mejorar las condiciones fundamentales del sistema de fabricación, es necesario eliminar completamente las pérdidas crónicas y los defectos ocultos.

Hasta ahora, se ha centrado el mantenimiento en los problemas esporádicos de fácil detección. Por el contrario, las pérdidas crónicas son sutiles y mucho mas difíciles de detectar.

Implementación del TPM

- ◆ Hacer la operación...
 - ◆ Más Fácil
 - ◆ Más Segura
 - ◆ Más Productiva.
- ◆ Cumplir con sus cuatro metas esenciales:
 - ◆ Cero Paros por Falla
 - ◆ Cero Averías
 - ◆ Cero Defectos
 - ◆ Cero Accidentes.



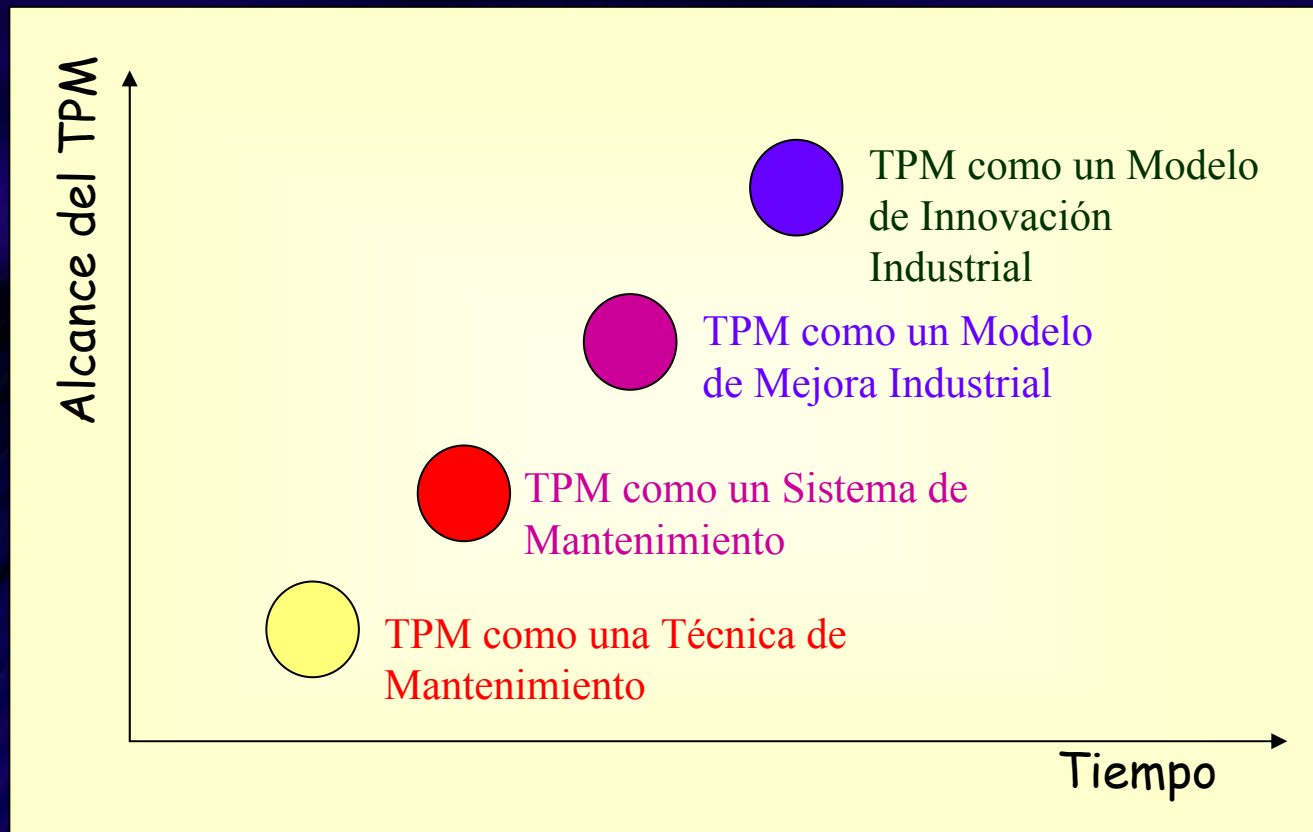
Implementación del TPM

1. Anuncio de la alta dirección de la decisión de introducir el TPM
2. Lanzamiento de la campaña educativa
3. Creación de organizaciones de promoción
4. Establecimiento de políticas y metas del TPM
5. Formulación del plan maestro de desarrollo
6. Disparo de la salida del TPM.

Implementación del TPM

7. Mejoramiento de la efectividad del equipo
8. Establecimiento del Mantenimiento Autónomo
9. Establecimiento del programa de automantenimiento
10. Entrenamientos para mejorar las capacidades operativas
11. Programa temprano de Gestión de Equipos
12. Implantación plena del TPM.

Alcance del TPM



Agenda

MÓDULO 3.2 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

- ◆ Elementos Esenciales del RCM
- ◆ Beneficios de la Implantación del RCM
- ◆ Las Siete Preguntas del RCM
- ◆ Análisis del Proceso RCM
- ◆ El Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA)
- ◆ Equipo Natural de Trabajo
- ◆ Metodología de Implementación de RCM.

Definición formal de RCM

“Filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la Confiabilidad Operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originan los modos de fallas de estos activos, en la seguridad, el ambiente y las funciones operacionales ”.



Beneficios del RCM

Definir estrategias de mantenimiento que:

- ◆ Mejoren la seguridad
- ◆ Mejoren el rendimiento operacional de los activos
- ◆ Mejoren la relación costo/riesgo-efectividad del mantenimiento
- ◆ Minimicen el efecto ambiental
- ◆ Hagan que los procesos sean documentados y auditables.



Dónde se debe aplicar RCM?

- ◆ Equipos y sistemas críticos para la producción o seguridad y ambiente
- ◆ Equipos y sistemas con altos costos de mantenimiento debido a trabajos preventivos o correctivos
- ◆ Equipos y sistemas genéricos con un alto corte colectivo de mantenimiento
- ◆ Particularmente, si no existe confianza en el mantenimiento existente.

Cómo se debe aplicar el RCM?

Factores claves de éxito:

- ◆ Los proyectos deben ser cuidadosamente seleccionados y definidos (donde aplicarlo)
- ◆ Involucramiento y reporte del cliente es vital
- ◆ Identificación y uso de la mejor información de fallas disponibles (experiencias específicas respaldadas con fuentes genéricas)
- ◆ Los beneficios antes y después deben ser medibles.



Aplicación de la Metodología RCM

LAS 7 PREGUNTAS DEL RCM

- ✦ CUÁLES SON LAS FUNCIONES DEL ACTIVO?
 - ✦ CUALES SON LAS FALLAS FUNCIONALES?
 - ✦ CUALES SON LOS MODOS DE FALLA?
 - ✦ CUÁL ES EL EFECTO DE FALLA?
-
- ✦ QUÉ IMPORTANCIA TIENE LA FALLA
 - ✦ QUÉ PUEDE PLANEARSE PARA PREVENIR LA FALLA?
 - ✦ QUÉ HACER SI NO SE PUEDE PREVENIR LA FALLA?.



FMEA



LÓGICA DE
DECISIONES
DE RCM

Análisis del Proceso RCM



Grupo de revisión del RCM



Metodología de Aplicación

- ✦ Definir funciones y normas de acción
- ✦ Buscar fallas funcionales
- ✦ Analizar los modos de falla
- ✦ Analizar los efectos de las fallas
- ✦ Clasificar las consecuencias de las fallas
- ✦ Aplicar programas optimizados de Mantenimiento.



Tareas de RCM según la Falla

- ✦ Fallas Ocultas: Solo se le asignan tareas Proactivas si estas fallas afectan gravemente el equipo.
- ✦ Fallas por Seguridad y Consecuencias Ambientales: La tarea proactiva vale la pena si se reduce el riesgo de falla a un nivel muy bajo o a cero.
- ✦ Fallas con Consecuencias Operacionales: Se realizan solo si se justifica el costo.
- ✦ Fallas con Consecuencias No Operacionales: Implica tareas Proactivas si el costo de estas es menor que la reparación.

Agenda

MÓDULO 3.3 Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)

- ◆ Ciclo del Mantenimiento Reactivo
- ◆ Análisis Estadístico de Confiabilidad
- ◆ Etapas de Implementación del PMO
- ◆ Uso de la Distribución Weibull
- ◆ Optimización de la Programación y Costos de PM
- ◆ Frecuencia de Mantenimiento Óptimo
- ◆ Software de Aplicación
- ◆ Estudio de Casos.

Optimización de Mantenimiento Preventivo

- ◆ El sistema de Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO) es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación.
- ◆ La PMO facilita el diseño de un marco formal de trabajo racional y rentable, basado en Confiabilidad, cuando un sistema de PM está consolidado y la planta se encuentra bajo control.



Ciclo del Mantenimiento Reactivo



El Sistema PMO

- ◆ Analiza el programa de mantenimiento anterior
- ◆ Realiza los Análisis de Confiabilidad
- ◆ Genera una base de datos de los modos de falla
- ◆ Escoge el método más eficaz de mantenimiento
- ◆ Se basa en la experiencia del personal de planta
- ◆ Usa el diagrama de decisiones del RCM
- ◆ Reconoce la importancia de las funciones del activo
- ◆ Diseña de un marco de trabajo racional y rentable
- ◆ Establece la adecuada asignación de recursos.



En el Sistema PMO:

- ◆ Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta
- ◆ Se logra un efectivo uso de los recursos
- ◆ Se mejora la productividad de los operarios y del personal de mantenimiento
- ◆ Se adapta a las situaciones y a los objetivos específicos de cada cliente
- ◆ La optimización del PM motiva al personal.



El Análisis Estadístico de Confiabilidad

Permite:

- ✦ Diseñar las políticas de mantenimiento a utilizar en el futuro
- ✦ Determinar las frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo
- ✦ Optimizar el uso los recursos físicos y del talento humano
- ✦ Calcular intervalos óptimos de sustitución económica de equipos
- ✦ Minimizar los costos del departamento.



Beneficios Reales del Sistema

- ✦ Determinar el comportamiento de fallas de los equipos
- ✦ Estimar el efecto del PM en la Confiabilidad
- ✦ Utilizar adecuadamente todos los recursos disponibles
- ✦ Eliminar fallas y paradas imprevistas
- ✦ Incrementar la Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Efectividad Global de los equipos.



Implementación del Sistema PMO

Paso 1: Establecimiento de las funciones y tareas

Paso 2: Análisis de los modos de falla

Paso 3: Racionalización de los procedimientos

Paso 4: Análisis de Confiabilidad

Paso 5: Evaluación de las consecuencias

Paso 6: Determinación de las políticas de mantenimiento

Paso 7: Revisión de los procesos funcionales

Paso 8: Implementación y aprobación de los programas

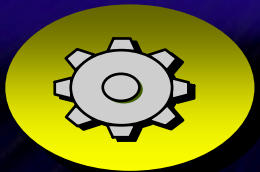
Paso 9: Proyecto de vida y mejoramiento continuo.

Steve Turner 2000.

Implementación del Modelo (1)



Desarrollar un procedimiento detallado de planeación de tareas tipo RCM.



Determinar y analizar con la metodología PMO, los principales modos de falla.



Implementar procesos racionales para determinar la Confiabilidad de los equipos.



Evaluar las consecuencias de las fallas y la influencia del Mantenimiento Preventivo.

Implementación del Modelo (2)



Determinar e Implementar nuevas políticas de Mantenimiento Optimo.



Realizar periódicamente revisión de los procesos y análisis de costos.



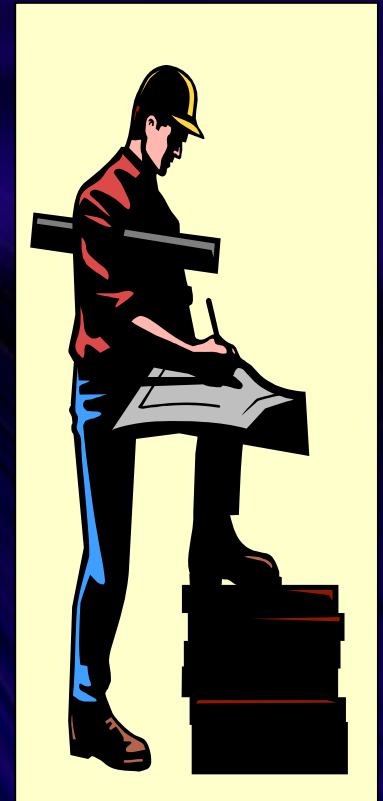
Desarrollar un sistema de asignación de recursos, para implementar los programas.



Propiciar planes de mejoramiento continuo mediante programas de capacitación para toda la vida.

Resultados de las Políticas

- ◆ Actividades del programa que son o no rentables
- ◆ Tareas más eficaces y menos costosas basadas en condiciones
- ◆ Tareas que deben ser quitadas del programa
- ◆ Tareas más eficaces si se cambian sus frecuencias
- ◆ Datos necesarios para predecir el LCC
- ◆ Defectos que pueden ser eliminados mediante Análisis Causa Raíz (RCA).



La Distribución de Weibull

- ✦ El comportamiento histórico de las fallas de los equipos se puede describir estadísticamente por medio de la Distribución de Weibull.
- ✦ La ecuación característica de la Función de Distribución de fallas es:

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Donde β , η y T_0 , son valores constantes mayores que cero.

Función de Confiabilidad

Para obtener la Confiabilidad $R(t)$ se observa que:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Los parámetros son:

β [Beta] = parámetro de forma o geométrico ($\beta > 0$)

η [Eta] = parámetro de escala o valor característico ($\eta \geq T_0$)

T_0 = parámetro de localización, es el valor garantizado de t ($T_0 \geq 0$).

Densidad de Probabilidad

- ✦ La densidad de probabilidad de falla viene dada por:

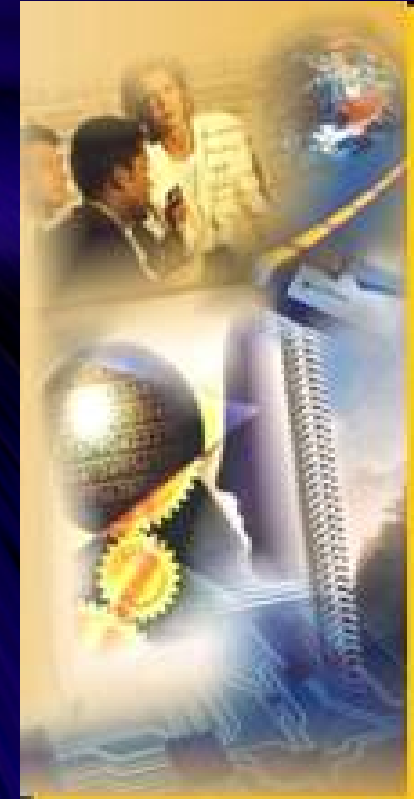
$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt}$$

Y teniendo en cuenta que : $\eta = \theta - T_0$

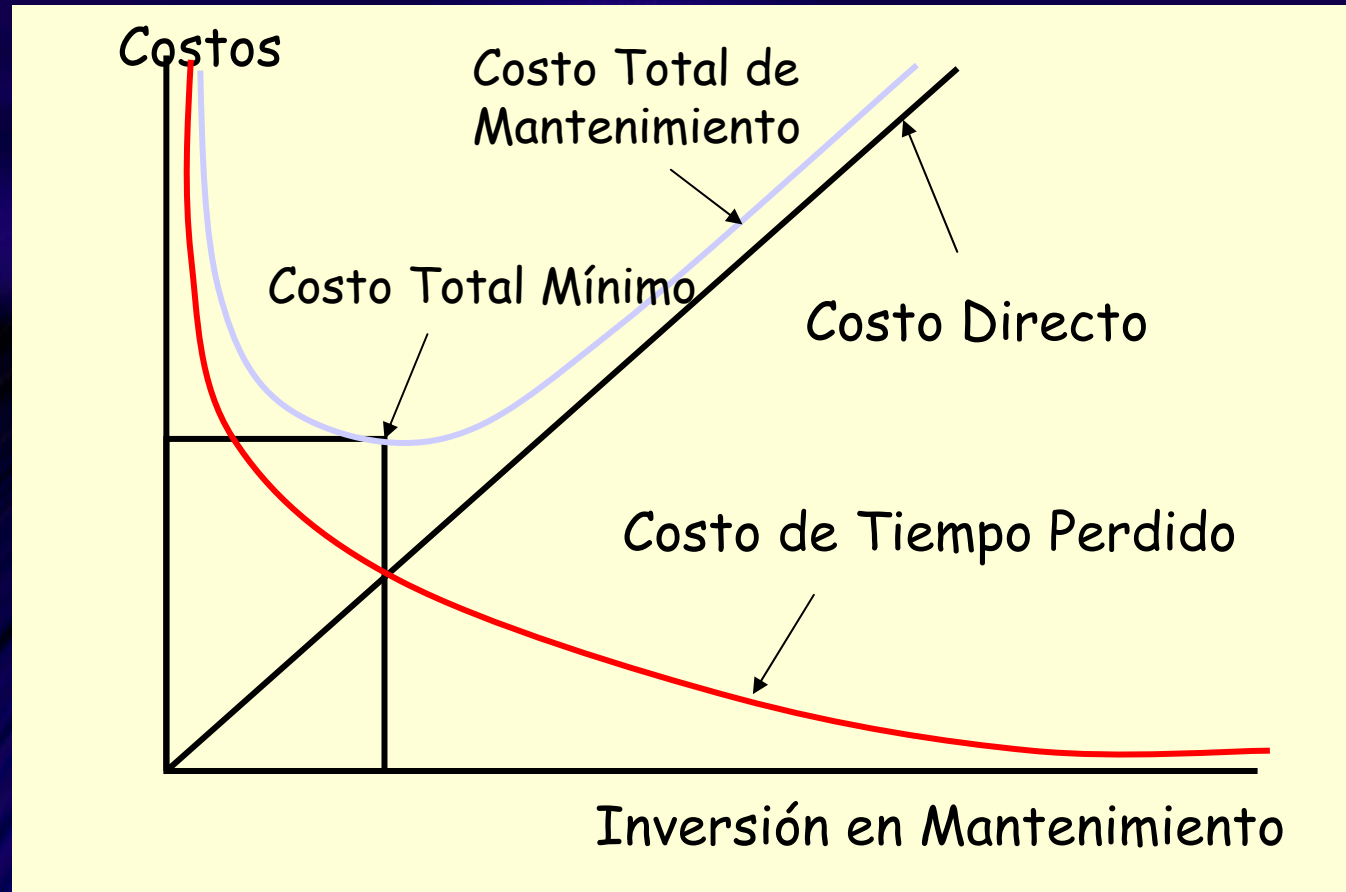
$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

Optimización del Mantenimiento

- ◆ El objetivo es estimar los intervalos óptimos de mantenimiento, para aumentar la productividad del equipo y minimizar los costos totales de mantenimiento.
- ◆ El análisis de costos determina el nivel óptimo de mantenimiento necesario para el funcionamiento económico de los equipos.



Optimización de los Costos



Mantenimiento Programado

- ◆ El costo del mantenimiento programado $C_s(t)$ en un tiempo dado t_0 se expresa como:

$$C_s(t) = t_0 \sum_{i=1}^n (C_i / t_i)$$

- ◆ Donde el t_i es el término i del tiempo medio para falla, y el C_i es el término i de la acción de mantenimiento.

Mantenimiento no Programado

- ◆ El costo de mantenimiento no programado $C_u(t)$ se estima por:

$$C_u(t) = t/t_0 \sum_{i=1}^n (f_i C_i)$$

- ◆ Donde el f_i es el término i del periodo de acción de mantenimiento no programada durante el tiempo t_0 .

Ciclo de Mantenimiento Óptimo

- ♦ El costo total de mantenimiento $C_m(t)$ asociando los dos tipos de costos puede determinarse por:

$$C_m(t) = C_s(t) + c_u(t)$$

- ♦ El problema es minimizar $C_m(t)$ para calcular el ciclo de mantenimiento óptimo t^* .

$$t^* = t_0 (C_s / C_u)^{0.5}$$

Conclusiones

- ◆ La fuerza fundamental del PMO se basa en que las acciones de mantenimiento tienen valor agregado, y que el sistema genera mejoras en muchos otros aspectos de la gestión de activos de la empresa, aparte de los Análisis de Confiabilidad.
- ◆ El PMO se basa en la experiencia y el conocimiento técnico del personal, esto crea un alto grado de responsabilidad y pertenencia
- ◆ El mayor aporte del Análisis Weibull es proveer una herramienta práctica para el mejoramiento continuo del diseño y mantenimiento de los equipos
- ◆ El análisis de fallas es la etapa más importante para establecer un programa de mantenimiento óptimo, y éste depende de los registros históricos de los equipos durante su vida útil.

Agenda

MÓDULO 3.4 Optimización Integral del Mantenimiento (MIO)

- ◆ Principios de la Optimización Integral
- ◆ Gestión Integral de Activos
- ◆ Definición de Estrategias
- ◆ Gestión del Talento Humano
- ◆ Optimización de Recursos
- ◆ Optimización de Procedimientos
- ◆ Optimización Basada en Tiempo
- ◆ Optimización Basada en Condición
- ◆ Gerencia Basada en Conocimiento de la Confiabilidad.

Optimización Integral del Mantenimiento

- ✦ El mantenimiento debe concebirse orientado a los negocios (Business Centred Maintenance - BCM, Anthony Kelly - Reino Unido), y orientado a los resultados (Results Oriented Maintenance - ROM, Christer Idhammar - Suecia).
- ✦ Para ello debemos tener en mente el objetivo a cumplir, que es la Competitividad. Para lograrla existen algunos factores claves como la Calidad, satisfacción de las necesidades los clientes y precio competitivo del producto o servicio, con base en Productividad.

Optimización Integral del Mantenimiento

- ✦ Pero la calidad y la productividad, el respeto a la seguridad y al medio ambiente, no son suficientes sino son permanentes, se deben lograr siempre y para ello se necesita el aporte del quinto factor clave de la competitividad: la Confiabilidad.
- ✦ La Confiabilidad es lo que permite asegurar los cuatro primeros factores claves a lo largo del tiempo y por lo tanto asegurar la competitividad.
- ✦ El desarrollo del Talento Humano, es el factor clave para garantizar la Confiabilidad de los Activos.